



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento  
de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco – 2020

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Aucasi Pacasi, Raúl Alfredo  
(ORCID: 0000-0003-4032-1362)  
Escobar Falla, Mario Jerusalen  
(ORCID: 0000-0002-8670-8266)

**ASESOR:**

Dr. Suarez Alvites, Alejandro  
(ORCID: 0000-0002-9397-057X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LIMA – PERÚ

2020

### **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a mi madre por su amor puro y sincero, por enseñarme que con arduo trabajo cualquier cosas se puede lograr y ser mi inspiración para esfuérmame cada día más, y a mi padre por sus consejos y a siempre enseñarme a seguir adelante pese a los obstáculos que se presentan día a día.

Raúl Aucasi

### **DEDICATORIA**

La tesis va dedicado a mi familia en general, pero en especial a mis padres y hermanas por su apoyo ya sea económicamente y moralmente, por enseñarme que con arduo trabajo cualquiera cosa se puede lograr los objetivos que uno se propone.

Mario Escobar

### **AGRADECIMIENTO**

A Dios por mantener a mi familia siempre unida y protegida. A mis padres y hermanos que siempre estarán para mí y yo para ellos y a mis amigos Leslie, Gina, Eduard, Lady, Christian, Tefa y José por los consejos y ánimos que me brindaron para elaborar este trabajo de investigación. Los amigos son la familia que uno elige.

Raúl Aucasi

### **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darle salud a mi familia durante esta crisis que está pasando en nuestro país y siempre mantener a mi familia unida. También agradezco a mi hermana Neldi por apoyarme y ser un ejemplo a seguir.

Mario Escobar

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE DE CONTENIDO	IV
INDICE DE TABLAS	V
INDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. MÉTODO	14
3.1 Tipo Y Diseño De La Investigación	15
3.2 Variables Y Operalización De Variables	15
3.3 Población, Muestra Y Muestreo	16
3.4 Técnica E Instrumentos De Recolección De Datos	17
3.5 Procedimiento	17
3.6 Método De Análisis De Datos	18
3.7 Aspectos Éticos	18
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN	36
VI. CONCLUSIONES	40
VII. RECOMENDACIONES	42
VIII. REFERENCIAS	44

## **TABLAS**

Tabla N° 1: Propiedades de la goma EVA	8
Tabla N° 2: Selección del tipo de cemento asfáltico	9
Tabla N° 3: Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas	11
Tabla N° 4: Módulo De Resiliencia	13
Tabla N° 5: Diseño De Muestra	20
Tabla N° 6: Número De Ejes Equivalentes De Diseño (Esal)	
Para Cada Sector	20
Tabla N° 7: Esal De Diseño	20
Tabla N° 8: La Estructura De Pavimento Flexible Definida Para 20 Años	21
Tabla N° 9: Estudio de suelos	21
Tabla N° 10: Diseño De Pavimentos Metodología Aashto	22
Tabla N° 11: ANOVA de Estabilidad Marshall	25
Tabla N° 12: ANOVA de Flujo Marshall	27
Tabla N° 13: ANOVA de % Vacíos de Aire	28
Tabla N° 14: ANOVA de Vacíos de Agregados Minerales	31
Tabla N° 15: ANOVA % de Vacíos Llenados de Asfalto	32
Tabla N° 16: ANOVA del Peso Específico Marshall	34

## **FIGURAS**

Figura N° 1: Pavimento Flexible	13
Figura N° 2: Cálculo De Sn Requerido	23
Figura N° 3: Estructura del pavimento	24
Figura N° 4: ANOVA de Estabilidad Marshall	24
Figura N° 5: ANOVA de Flujo Marshall	26
Figura N° 6: ANOVA de % Vacíos de Aire	28
Figura N° 7: ANOVA de Vacíos de Agregados Minerales	30
Figura N° 8: ANOVA % de Vacíos llenados de Asfalto	32
Figura N° 9: ANOVA del Peso Específico Marshall	43

## RESUMEN

Este trabajo de investigación, tuvo como finalidad determinar el uso de polímeros EVA para el pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020 En la metodología se utilizó el tipo de investigación aplicada de diseño no experimental. Se tuvo cuenta el tipo de clima del lugar donde se va a realizar el diseño de pavimento ya que con ese dato se escogió el tipo de cemento asfáltico. Se clasificó el tipo de tránsito ya sea pesado o liviano porque a partir de ello depende los espesores de la capa asfáltica para ellos uso de software del ministerio de transporte y comunicaciones – MTC, para determinar el correctamente el cálculo de ejes equivalentes (Esal) para el pavimento flexible por ser más detallado. Y tuvo en cuenta todos los parámetros que se encuentra en el Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010. También se usó el software matchad versión 15° para hallar un promedio del ensayo Marshall se tomó diferentes datos de diferentes autores donde se usaron 2%, 3%, 4% y 5% proporciones de polímero EVA y 4.5%, 5.0%, 6.3% y 6.4% de cemento asfáltico.

**Palabras clave:** Polímero EVA, Pavimento Flexible, Mezcla Asfáltica

## **ABSTRACT**

The purpose of this research work was to determine the use of EVA polymers for the pavement of the 3N highway in the Amarilis district, Huánuco - 2020. In the methodology the type of applied research of non-experimental design was used. The type of climate of the place where the pavement design will be carried out was taken into account, since with this data the type of asphalt cement was chosen. The type of traffic was classified as either heavy or light because the thickness of the asphalt layer depends on it, using software from the Ministry of Transport and Communications - MTC, to correctly determine the calculation of equivalent axes (Esal) for the flexible pavement for being more detailed. And took into account all the parameters found in the National Building Regulations: STANDARD CE.010. Matchad software version 15 ° was also used to find an average of the Marshall test, different data was taken from different authors where 2%, 3%, 4% and 5% proportions of EVA polymer and 4.5%, 5.0%, 6.3% were used and 6.4% asphalt cement.

**Keywords:** EVA Polymer, Flexible Pavement, Asphalt Mix



# **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad las mezclas asfálticas modificadas han sido desinteresadamente verificada y aprovechada en el universo, puesto que con la añadida de polímeros modifican las propiedades físico – mecánicas intentan corregir la rigidez y la resistencia bajo contribución monotónica al ahuellamiento, a la fatiga y al envejecimiento, así como encoger la susceptibilidad térmica y el perjuicio por humedad.

Saboo y Kumar (2015). El aumento del tráfico, las nuevas configuraciones de los ejes y las altas temperaturas exigen el uso de aglutinantes modificados para resistir las tensiones inducidas en el Resumen: El aumento del tráfico, las nuevas configuraciones de los ejes y las altas temperaturas exigen el uso de aglutinantes modificados para resistir las tensiones inducidas en el pavimento. El acetato de vinilo y etileno (EVA) es plastómero, que es un copolímero obtenido por copolimerización de etileno y acetato de vinilo.

Múnera y Ossa (2014) indica que el asfalto está constituido por materiales provenientes de petróleo y es una mezcla compleja de alta viscosidad. Los hidrocarburos presentes en la mezcla hacen del asfalto una mezcla aglutinante y viscosa y por su naturaleza orgánica resulta no afín con el agua. Debido a esto el asfalto se usa como impermeabilizante y aditivo para pavimentos flexibles. Actualmente se busca usar más polímeros orgánicos mezclados con asfalto logrando y lograr buena estabilidad para aplicaciones en pavimentos flexibles.

Yuliestyan, Cuadri, García y Partal (2016). El alto consumo de energía y los riesgos ambientales están asociados con el uso de mezclas de asfalto caliente. En respuesta a la necesidad de pavimentos más sostenibles, se investiga la modificación del betún con copolímeros de EVA de bajo punto de fusión. En primer lugar, se investigaron diferentes aglutinantes modificados que contenían EVA. Los resultados sugieren que un equilibrio óptimo entre el contenido de VA y el valor de MFI mejorará el rendimiento reológico del aglutinante a temperaturas medias-altas en servicio, así como su trabajabilidad, y facilitará su emulsificación.

El departamento de Huánuco existen distritos donde las vías de acceso y avenidas principales no están pavimentadas y sobre todo en el distrito de La

Unión, Por los factores como el clima y entre otros factores es necesario pavimentar las calles y reforzar la carpeta asfáltica con polímeros Eva, ya que este tipo de polímero mejora la resistencia, tiene un mejor comportamiento a temperaturas altas y es flexible a bajas temperaturas, lo que hace es favorecer la estructura del pavimento y alarga la vida útil del pavimento.

Justificación teórica: Nos permitirá conocer la utilización del polímero EVA (Etil-Vinil-Acetato) para la modificación de la mezcla asfáltica, tanto en sus propiedades físicas como en la reacción de la mezcla al adicionar dicho polímero. Las tecnologías como la forma tradicional de diseñar un pavimento han ido mejorando con los años y es casi siempre un dilema lograr deformaciones menores y mayor resistencia.

Justificación practica: Los polímeros en las construcciones de carreteras es una innovación que ha ido tomado mayor importancia, ya que, mejora las propiedades físicas, da mayor resistencia, baja su susceptibilidad a la humedad, el presente trabajo propone el uso del polímero EVA, ya que, nos permitirá mejorar la mezcla asfáltica por lo tanto permitirá que los materiales asfálticos estén más consistentes, disminuirá el agrietamiento y la susceptibilidad del asfalto a las diferentes variaciones de temperatura.

Justificación social: Beneficiara a los habitantes que residen a los alrededores de la carretera 3N en el distrito La Unión, favoreciendo también a la transitividad de vehículos de carga agrícola como también reducirá el tiempo de llegada a centros de educación y centros de salud.

En lo que consiste la realidad problemática se planteó el problema general

¿Cuál es el diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020?

Los problemas específicos del estudio son:

PE1: ¿Cuál es la característica del suelo para el diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020?

PE2: ¿Cuál es el estudio de tráfico para el diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020?

PE3: ¿Cuáles son las características del Pavimento EVA para el diseño de la mezcla asfáltica en la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020?

El objetivo general del estudio es:

Elaborar el diseño del diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

Los objetivos del estudio son:

OE1: Describir las propiedades del suelo para el diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

OE2: Analizar el estudio vehicular para el diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

OE3: Describir las propiedades del diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En los Trabajos previos como Antecedentes nacionales se encuentra Infante y Vásquez (2016). Los autores realizaron ensayos de mezclas asfálticas usando un 5.0% de contenido óptimo de asfalto de 60/70 y un 3% del polímero Eva y tuvieron como resultados aumento la estabilidad en 17.54% (1432 kg) a referente al pavimento convencional y fluencia en el rango lo que dice la norma en 2.10 mm. Es decir, el polímero EVA es más costo que el SBS y también es mejor en resistencia, agrietamiento y durabilidad al asfalto.

Pancorbo y Reime (2018). Utilizaron los porcentajes para una mejora físico mecánica de EVA del (1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5%) porcentaje respecto al peso del cemento asfáltico para determinar el contenido optimo del polímero para su uso. Los resultados que se obtuvieron de la mezcla asfáltica modificada con el polímero EVA muestran mejoras significativas frente a una mezcla asfáltica tradicional en sus propiedades de resistencia empleando el aparato Marshall, resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad lo que permitió concluir que la incorporación del polímero EVA mejora sus propiedades físico mecánicas. En conclusión, se hicieron una serie de ensayos de control de calidad de los agregados y el cemento asfáltico los cuales fueron; análisis granulométrico de agregados gruesos y finos, gravedad específica y absorción en agregados gruesos y finos, método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino, durabilidad al sulfato de sodio y al sulfato de magnesio, determinación de límite liquido de los suelos, abrasión los ángeles (L.A.).

Pinedo (2016). Indica los resultados que hay mejoras en las propiedades de la carpeta asfáltica y en lo cual se dedujo a usar el polímero EVA dentro de la carpeta asfáltica convencional, así mismo las características de resistencia y durabilidad para la disminución en los efectos viales, por otro lado el diseño de la estructura fue de 2" (5cm) de carpeta asfáltica, se usó la mezcla asfáltica en caliente con un PEN 60/70 y en lo que es agregados de la zona se obtuvo un análisis de costos y presupuestos de un total de S/. 1 480 316.06 soles.

Carranza y Guzmán (2019). La presente investigación evalúa el impacto que genera la utilización del polímero reciclado EVA en un suelo arenoso. Este polímero se obtuvo de un proceso de reciclaje de calzado de verano o sandalias, para luego ser pulverizado en una máquina rematadora y finalmente tamizado en laboratorio para obtener un polvo como material estabilizante. Se realizaron ensayos de laboratorio como: granulometría, contenido de humedad, Proctor Modificado, CBR empleando un porcentaje de polímero reciclado equivalente al 3% del peso del suelo. En evaluación de resultados se aprecia que el uso del polímero EVA reciclado logra un incremento en la capacidad de soporte del suelo arenoso equivalente al 5%, mejorando sus propiedades y resistencia del estrato en mención. Si bien para ese trabajo se utilizó un 3% de polímero, se recomienda realizar ensayos de laboratorio previo a su utilización como alternativa de estabilización, para determinar el porcentaje óptimo del polímero a emplear para lograr una mayor resistencia deseada en el suelo.

En los Antecedentes internacionales se encuentra Panda y Mazumdar (1999). Las mezclas homogéneas fueron de grado de penetración 80/100, El uso de EVA con resultados de betún en la estabilidad de Marshall fue hasta 14 kN, el uso de EVA aumenta la estabilidad y los vacíos de Aire. Para pavimentar mezclas, la composición optima parece ser 5% de concentración de EVA en el aglutinante y el 6% de contenido de aglutinante en peso de La mezcla total.

Haddadi, Ghorbel y Laradi (2007). Nos explica sobre los tres tipos de ensayos en lo que consistía, M 0, M 1, M 2 son 3%, 5% y 7% en peso de contenido óptimo de betún estimado en 6%. El betún modificado con EVA envejecido muestra mejores propiedades físicas que el betún base correspondiente. La adición de 5% de EVA al betún resulta en mejores propiedades de concreto asfáltico

Romero (2017). En el presente trabajo experimental se analizan los resultados obtenidos de un estudio realizado para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica adicionada con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA). Además, se utilizaron dos tipos de material pétreo para la conformación de las mezclas, material convencional obtenido en la Mina Villacrés y material de origen

volcánico obtenido en la ciudad de Baños, esto con la finalidad de determinar la idoneidad de cada material para la elaboración de la mezcla. Para alcanzar los objetivos propuestos se utilizó el ensayo Marshall, concluye que obteniendo como resultado un incremento importante de la estabilidad con el 6,4% de asfalto y 3,3% de EVA para la mezcla convencional y 6,6% de asfalto y 3,2% de EVA para la mezcla con escoria y arena volcánica. Los valores de flujo también se optimizan significativamente con estos porcentajes, lo que indica claramente que la incorporación de Polímero EVA en la mezcla asfáltica mejora las propiedades de la mezcla. Como consecuencia del presente estudio se da viabilidad a la utilización de EVA para el mejoramiento de las mezclas asfálticas.

Teorías relacionadas al tema El pavimento flexible se caracteriza por ser, como su nombre lo dice flexible y son usados mayormente en zonas urbanas donde abunda el tráfico como ejemplo: Lima, Arequipa, Cuzco, entre otras. Por tener una mayor drenabilidad facilitando el desalojo del agua y dar una sensación de confort durante el transitar con un vehículo. Pero con el pasar del tiempo el pavimento suele gastarse formándose grietas, huecos, etc.

Polímeros EVA: El polímero Etileno-Acetano-Vinilo (EVA) es relativamente nuevo en la utilización como modificador del asfalto y es utilizado aproximadamente hace 15 años, estos polímeros son compatibles con los asfaltos, brindan una mejor resistencia, minimizan la susceptibilidad térmica, tiene mejor comportamiento a temperaturas altas y es flexible a bajas temperaturas.

*Tabla N°1: Propiedades de la goma EVA*

<b>Propiedad</b>	<b>Norma</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Densidad	ISO 845	Kg/m <sup>3</sup>	33±5
Resistencia a la tracción	ISO 1798	kPa	>190
Resistencia a la Comprensión	ISO 3386/1	kPa	
deflexión 10%			12
deflexión 25%			>28
deflexión 50%			>70

*Fuente: Internet*



El cemento asfáltico que se usa en mezclas asfálticas cuya elaboración es en caliente será clasificado por penetración. Y por viscosidad absoluta. Su empleo será teniendo en cuenta según sus características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento (Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

*Tabla N° 2: Selección del tipo de cemento asfáltico*

Temperatura Media Anual			
24° C o mas	24°C – 15°C	15°C – 5°C	Menos de 5°C
40 – 50	60 – 70	85 – 100	Asfalto Modificado
60 – 70		120 – 150	
modificado			

*Fuente: Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*

En el agregado grueso debe estar formado por grava fracturada natural o artificial, piedras por materiales naturales que tiene un estado fracturado, con textura superficial rugosa. Lo que queda en la malla No08 deben estar limpios (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Mientras que en los finos tienen que pasar la malla n° 08, y serán obtenidos por gravas, arenas naturales de granos angulosos o del machaqueo de piedras. Teniendo en cuenta que agregado obtenido deberá presentarse limpio y no debe estar cubiertas de arcillas limosa u otras sustancias que puedan perjudicar el proceso (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

El agua tiene que tener un Ph entre 5,5 y 6,0 según la NTP 339.073, donde dice que tiene que estar limpia y libre de materiales álcalis entre otras sustancias y el contenido de sulfato según norma NTP 339.074 tiene que ser expresado como  $SO_4 =$  y determinado sin pasar los 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. El agua potable se considera adecuada y no es necesario tomar en cuenta los ensayos antes mencionados (Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

El asfalto modificado trata de la incorporación de un polímero o de hule molido de neumáticos al asfalto convencional, la incorporación de estos materiales modifica sus reologías y sus propiedades físicas y a la humedad, así como a la oxidación y disminuir su susceptibilidad a la temperatura (CMT. Características de los Materiales, 2006).

Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de pavimentación, trata de combinar los agregados con el asfalto cuyas proporciones son exactas, los agregados y el asfalto en lo que se halla las propiedades físicas de la mezcla y el desempeño de la misma como pavimento terminado (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Al momento de querer hacer una buena mezcla asfáltica en caliente, se tiene que tener en cuentas 7 puntos principales las cuales son: Estabilidad, durabilidad, impermeabilidad, trabajabilidad, flexibilidad, resistencia a la fatiga y resistencia al deslizamiento (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

El procedimiento Marshall consiste en de analizar la densidad y el contenido de las probetas, determinar el peso específico total, medir la estabilidad Marshall (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Tabla N° 3: Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas

Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas*	Vías locales	Vías Colectoras y Arteriales	Vías Expresas
	EAL < 104	104 ≤ EAL < 106	EAL ≥ 106
	Tránsito Liviano	Tránsito Mediano	Tránsito Pesado
Números de golpes en cada cara de la probeta	35	50	75
Estabilidad mínima, kN	3,4	5,44	8,16
Flujo, 0,25 mm (min - max)	8 - 18	8 - 16	8 -14
Porcentaje de vacíos llenos de aire**, (min - max)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Porcentaje de vacíos, en el agregado mineral***, VMA (min - max)	Ver Tabla 32		
Porcentaje de vacíos llenos de asfalto, VFA (min – max)	70 - 80	65 -78	65 -75

Fuente: Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010

Estabilidad es una medida que trata de medir la carga que se le aplica a la probeta y en el momento que falla o cede es el resultado de la prueba (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Flujo es medida en pulgada y se encarga de medir la deformación de la briqueta (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Los vacíos de aire son bolsas de aire atrapadas en el agregado revestidas de asfalto (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Vacíos de agregado mineral, son los espacios de vacíos en el agregado de la mezcla de pavimentación compactada, incorporando el contenido efectivo de asfalto y los vacíos de aire (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Los vacíos llenos de asfalto, es el porcentaje de vacíos que se encuentran entre las partículas de agregado mineral se encuentran llenos de asfalto (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

En lo que es peso específico es muy importante para un análisis preciso de densidad – vacíos, en pocas palabras se hallará el peso específico total descrito por la norma AASHTO T 166.

Ecuación de diseño:

La ecuación AASHTO-93

*Figura N° 1: Ecuación De Diseño Por El Modelo Aashto-93*

$$\log_{10} Wt_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32$$

$$* \log_{10} M_R - 8.07$$

*Fuente: Elaboración Propia*

#### **Variables independientes:**

- W18: Ejes equivalente de 80kN por el periodo de diseño.
- ZR: Desviación estandar normal
- So: Error estandar
- PSI: Índice de serviciabilidad.
- MR: Módulo resiliente.

#### **Variable dependiente:**

- **SN:** Número Estructural requerido por sección en la vía

Se optó la confiabilidad de 1 ya que la carretera de dos sentidos

Para pavimento flexible la desviación estándar es de 0.40 a 0.50 en lo que nosotros hemos trabajado con 0.40 dado la fuente del MTC.

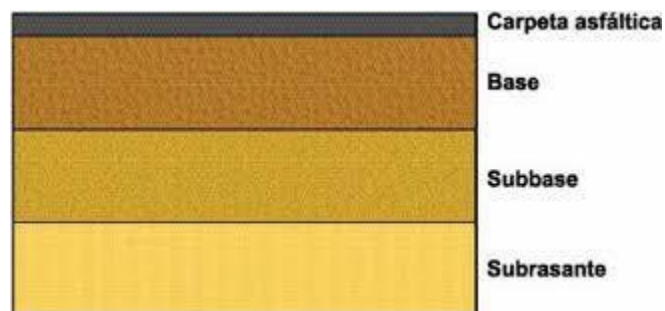
Según el AASHTO 1993 para hallar el Módulo de Resiliencia, debe tener en cuenta el tipo de CBR de las siguientes formulas.

*Tabla N° 4: Módulo De Resilencia*

Para los CBR<10	$Mr = 1500 \times \text{CBR} \text{ (psi)}$
Para los CBR de 10% a 20%	$Mr = 3000 \times \text{CBR}^{0.65} \text{ (psi)}$
Para los CBR >20%	$Mr = 4326 \times \ln \text{CBR} + 241 \text{ (psi)}$

*Fuente: ( Ministerio de trasportes y comunicaciones, 2013)*

*Figura N° 1: Pavimento Flexible*



*Fuente: Elaboración Propia*

## **NÚMERO ESTRUCTURAL**

El SN se transforma en espesores en la estructura de pavimento, mediante esto la capa que muestra la resistencia relativa de los materiales de cada capa, se expresa en la siguiente ecuación el diseño:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

En la siguiente expresión se muestra lo siguiente:

- $a_1$  : 1 pulgada
- $D_1$ : espesor de capa
- $m_1$ : coeficiente de drenaje de capa

### **III. MÉTODO**

### Tipo y diseño de la Investigación

El tipo de investigación es tipo Aplicada. Para Sánchez y Reyes (2006) este tipo de investigación se caracteriza por: “El interés en aplicar el conocimiento teórico a una situación concreta específica y las consecuencias prácticas derivadas de él.” (p.37).

El diseño de investigación es no experimental, ya que no se puede manipular variables.

Por otro lado, Ramírez (2006). Nos dice que la investigación no experimental no se puede manipular la variable.

Diseño no experimental:

- a. Transversal o transeccional: Esta investigación es descriptivo, porque hemos obtenido datos anteriores y vamos a describir de ellos.

Para Sánchez y Reyes (2006) “este tipo de investigación se caracteriza por la descripción de los fenómenos a investigar, tal como es y cómo se manifiesta en el momento de realizarse el estudio y utiliza la observación como método descriptivo.” (p. 28)

- b. Longitudinal o evolutivo: Esta investigación es de panel.

### Variables y operacionalización

Fidias (2012). Nos dice que “Es una característica o cualidad; magnitud o cantidad, que sufre cambios, con objetivo de analizar, medir, manipular o controlar en una investigación” (p.58).

**Vx:** Adición de polímeros Eva.

Es de variable independiente ya que puede ser manipulado para obtener resultados finales.

**Vy:** Mezcla asfáltica en caliente.

Es de variable dependiente porque depende de la modificación del asfalto.

## Operacionalización de las variables

Borja (2012). Nos dice sobre la operacionalización de las variables que “explica cómo se miden las variables formuladas en la hipótesis” (p.24).

Maila (2013). Señala que: El polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) modifica la resistencia y minimiza la susceptibilidad termina reacciona mejor con temperaturas altas y y flexible a temperatura baja (p.27).

La fabricación de asfalto llega a una a 150 grados, según el tipo de ligante, se debe calentar antes de mezclar

## Población, muestra y muestreo

### A. Población

Fidias (2012). se refiere que “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación (p. 81).

### B. Muestra

Fidias (2012). Señala que “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p.83).

### C. Muestreo

Ochoa (2015). Es el desarrollo de apartar un conjunto de individuos de una población con el propósito de estudiarlos y poder calificar el total de la población.

### D. Unidad de análisis

Picón y Melian (2014). señala que “la unidad de análisis es la estructura categórica nos permite responder a las preguntas formuladas a un problema práctico, así como a las preguntas de investigación.” (p.103).

Población: La población son los pavimentos flexibles de la carretera 3N en el distrito La Unión, Huánuco-2020



Criterios de inclusión: Los profesionales en la construcción, los trabajadores que aportaron para la construcción de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

.

Criterios de exclusión: Los pobladores del lugar de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

Muestra: La muestra será 2km de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

Muestreo: El muestreo será no probabilístico ya que no se hará encuestas de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

Unidad de análisis: Se estudiará sólo 2km de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

En pocas palabras con respecto a la investigación la muestra será el número de briquetas mediante el método de diseño Marshall.

#### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el presente desarrollo de tesis se utilizó la técnica de observación simple e indirecta, que refiere a la recolección de datos informáticos con un pleno análisis, se utilizaron archivos procedentes de sitios web, expedientes técnicos, tesis, imágenes, etc.

#### Procedimiento

La observación y estimación del comportamiento estructural del pavimento flexible se realizarán a través de cálculos, que se obtendrán siguiendo los parámetros de la norma ASSHTO 93 y la norma peruana del MANUAL DE CARRETERAS, SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS, preservando así el tiempo de vida útil del pavimento flexible por el problema de tránsito que se muestra en la localidad.

Los instrumentos que emplearemos en la presente investigación son una ficha de recolección de datos representado para investigación, ensayos de suelos, los

instrumentos que se usaran para obtener resultados de las propiedades mecánicas del suelo en el área de estudios de la carretera.

Los datos utilizados en esta tesis son distintos documentos previamente registrados, en este caso las mezclas asfálticas en caliente incorporando los polímeros EVA observando y analizando las propiedades del material en base a artículos científicos y revistas indexadas.

Para el proceso de diseño mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros EVA para pavimento se realizaron los siguientes estudios y cálculos según nos indica la metodología, AASTHO 93

#### Método de análisis de datos

El actual proyecto de investigación será examinado por medio de tablas y gráficos de barras con el fin de comprobar la desigualdad que existe entre el diseño convencional y modificado, por lo cual se llevará a cabo en el laboratorio.

#### Aspectos éticos

“La ética es un tipo de saber de los que se pretenden orientar la acción humana en un sentido racional (...) en el conjunto de nuestra vida” (Cortina, 1994).

La investigación acatará la índole de confiabilidad de los resultados obtenidos de la investigación, sin revelar en forma escrita o por medios virtuales lo encontrado en la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

## **IV. RESULTADOS**

Diseño De Pavimentos Metodología Aashto El desarrollo de tesis tiene como objetivo diseñar el pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica en caliente, con las condiciones de tráfico, clima, capacidad de soporte del suelo de fundación, en el cual brinde seguridad y confort a las personas que transitan sus vehículos por ahí durante el periodo concebido de diseño.

Tabla N° 5: Diseño De Muestra

<b>SUBTRAMO</b>	<b>M.RESILENTE C. IZQUIERDO (PSI)</b>	<b>M. RESILENTE C. DERECHO (PSI)</b>	<b>M. RESILENTE DE DISEÑO (PSI)</b>
Km 00+000 – Km 1+900	17129.20	18089.41	17609.30
Km 1+900 – Km 18+000	18434.49	16076.65	17255.57
Km 18+000 – Km 52+990	17794.29	16317.57	17055.93

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

Tabla N° 6: Número De Ejes Equivalentes De Diseño (Esal) Para Cada Sector

<b>ESTACIÓN</b>	<b>0 – 20 AÑOS</b>	<b>0 – 10 AÑOS</b>	<b>10 – 20 AÑOS</b>
E1	4.411 E+06	1.819 E+06	2.592 E+06
E2	2.838 E+06	1.172 E+06	1.666 E+06
E3	2.446 E+06	1.010 E+06	1.436 E+06

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

Tabla N° 7: ESAL DE DISEÑO

<b>ESAL DE DISEÑO</b>		
<b>SECTOR</b>	<b>0 – 10 AÑOS</b>	<b>0 – 20 AÑOS</b>
0+000 – 1+900	1.819E+06	4.411E+06
1+900 – 18+000	1.172E+06	2.838E+06
18+000 – 52+920	1.010E+06	2.446E+06

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

Tabla N° 8: La Estructura De Pavimento Flexible Definida Para 20 Años

TRAMO	ESPESOR (cm)		
	Carpeta Asfáltica	Base Granular	Refuerzo Asfáltico (10 años)
Km. 01+000 – Km. 1+900	7.5	30.0	4.0
Km 1+900 – Km. 18+000	7.5	25.0	4.0
Km. 18+000 – Km.52+920	7.5	25.0	4.0

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

CALICATA	PROGRESIVA	MUESTRA	PROFUNDI DAD	LADO	LÍMITES DE CONSISTENCIA		HUMEDAD NATURAL %	CLASIFICACIÓN	
					L.L	L.P		SUCS	ASSHTO
C-001	0+012.16	M-01	0.00-0.50	Izq	26.0	11.4	6.4	CI	A-6 ( 5 )
C-001	0+012.16	M-02	0.50-1.70	Izq	17.4	NP	8.5	GM	A-1-b ( O )
C-002	0+208.22	M-01	0.00-0.45	Izq	25.9	10.0	8.8	SC	A-4 ( 1 )
C-002	0+208.22	M-02	0.45-1 .60	Izq	36.9	12.0	2.1	SW	A-2-6 (O)
C-003	0+408.02	M-01	0.00-1 .60	Izq	24.6	9.3	4.7	GC	A-2-4 (O)
C-004	0+548.51	M-01	0.00-1 .70	Izq	54.3	21 .0	5.8	GM	A-7-5 (7)
C-005	0+662.01	M-01	0.05-0.20	Eje	37.0	4.9	3.3	GM	A-1-b (O)
C-006	0+861.22	M-01	0.00-1 .80	Izq	43.2	10.7	4.8	GM	A-2-7 (O)
C-006	0+861.22	S/M	>1 .80	Izq				ROCA	ROCA
CA-001	0+980.00	M-01	0.00-1 .50	Eje	29.2	3.7	4.1	GM	A-1 -b (O)
C-007	1+120.00	M-01	0.00-1.50	Der	44.1	11 .5	5.5	GM	A-2-7(0)
C-008	1 +296.71	M-01	0.00-0.25	Izq	58.3	24.8	3.8	MH	A-7-5 ( 12)
C-008	1 +296.71	M-02	0.25-1.70	Izq	32.7	8.5	4.2	GM	A-2-4 ( O )
C-009	1+490.80	M-01	0.00-0.60	Der	36.3	4.2	4.3	GM	A-1-b (O)
C-009	1+490.80	S/M	>0.60	Der				ROCA	ROCA
C-010	1+690.70	M-01	0.00-0.60	Der	42.4	9.9	3.7	GM	A-2-5 (O)

C-010	1+690.70	S/M	>0.60	Der				ROCA	ROCA
C-011	1+862.35	M-01	0.00-1.50	Der	36.1	4.0	1.8	GM	A-1-b ( O )
C-012	2+024.42	M-01	0.00-0.30	Izq	38.1	5.8	2.8	GM	A-1-b ( O )

Estudio de suelos hemos podido observar del expediente técnico que se pudo determinar las características físico mecánicas de los materiales que conforman el terreno de fundación y suelos subyacentes así mismo. durante el tramo 0+012.16 hasta 2+024.42 un cbr de 25.48 % en lo que hace es un buen tipo de suelo.

Tabla N° 9: Estudio de suelos

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

Tabla N° 10: Diseño De Pavimentos Metodología Aashto

PARÁMETROS DE DISEÑO				0 – 20 años	
Números de Ejes Equivalentes				4,4116E+06	
Módulo Resiliente, Mr (psi)				17609	
Nivel de confianza, R (%)				90%	
Factor de Confiabilidad, Zr				-1.282	
Desviación estándar, So				0.45	
Serviciabilidad inicial				4.0	
Serviciabilidad final				2.0	
$\Delta$ PSI				2.0	
Número Estructural Requerido		SN		3.13	(cm)
M.A	----	a1 = 0.43	D1 (pul)	3.5	8.9
Base	m2 = 1	a2 = 0.14	D2 (pulg)	6.0	15.0
Sub - Base	m3 = 1	a3 = 0.12	D3 (pulg)	7.0	17.5

Espesor Total del Pavimento	Pulg	16.5	41.6.
Estructura estructural propuesto	SN		3.16"

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

Figura N° 2: Cálculo De Sn Requerido

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento:  
☒ Pavimento flexible    ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):  
 90 %  $Z_r = -1.282$     So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final:  
 PSI inicial = 4    PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante:  
 Mr = 17609 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:  
 Módulo de elasticidad del concreto -  $E_c$  (psi):  
 Módulo de rotura del concreto -  $S_c$  (psi):  
 Coeficiente de transmisión de carga - (J):  
 Coeficiente de drenaje - (Cd):

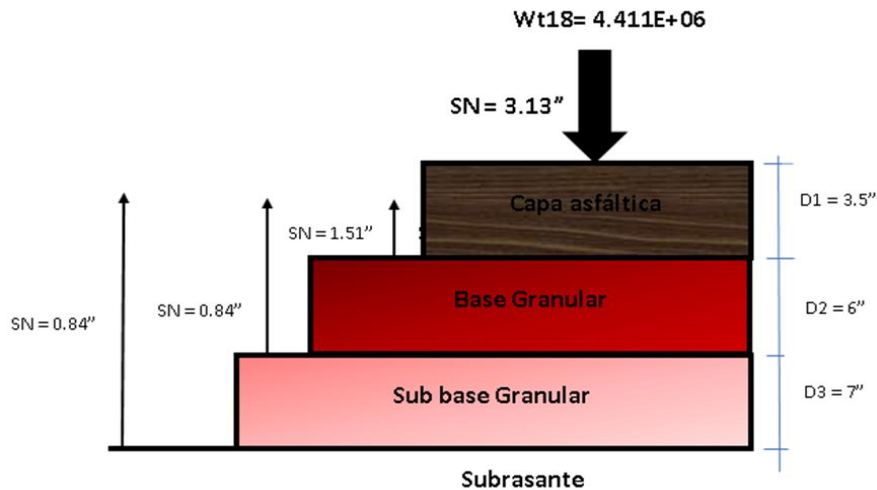
Tipo de Análisis:  
☒ Calcular SN    **W18 =** 4.411E+06  
☐ Calcular W18

Número Estructural:  
**SN =** 3.13

Botones: Calcular, Salir

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 3: Estructura del pavimento



Fuente: Elaboración Propia

Estabilidad - Marshall en la figura N° 4, los datos en forma de círculo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron la estabilidad de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 4: Modelo de la estabilidad de la mezcla asfáltica

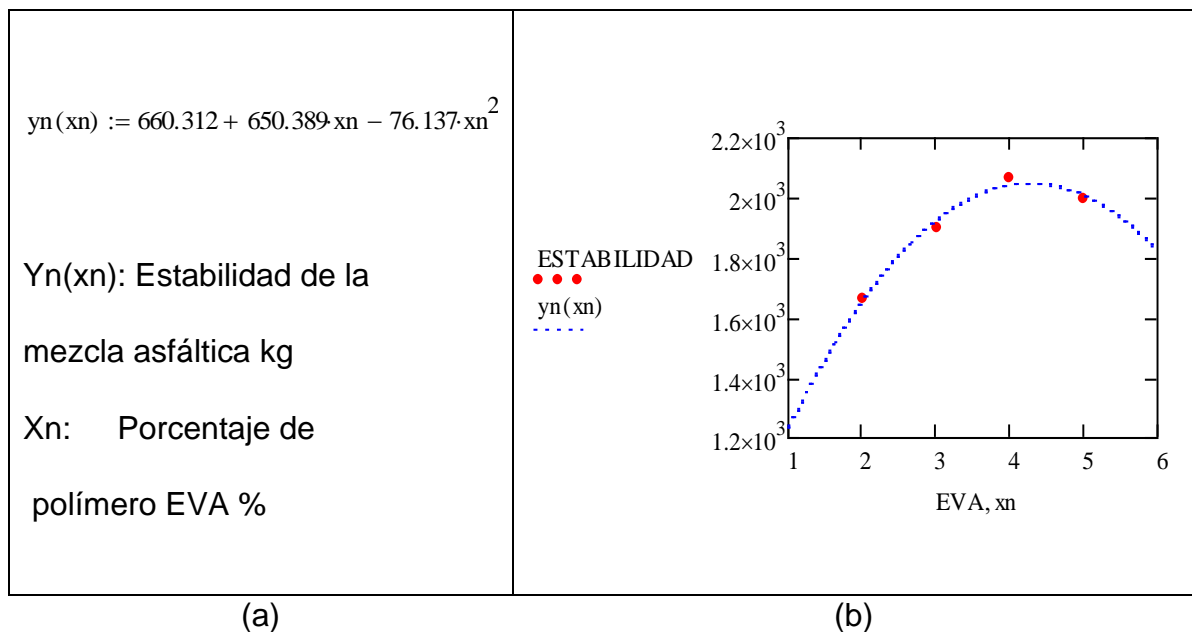


Figura N° 4: Modelo de la estabilidad de la mezcla asfáltica como función del porcentaje del polímero EVA (a); diagrama de los datos de estabilidad medido por



diferentes autores como función del porcentaje de EVA incorporado a la mezcla asfáltica.

Del modelo mostrado en la Figura N° 4: (a) se obtuvo la mixima estabilidad obtenido por el software nos dice que 4.2% de polímero EVA nos da una Estabilidad de  $2049 \times 10^3$  kg. Según Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010 nos dice que la Estabilidad mínima para el transito liviano es de 3,4 Kn, por lo tanto, si se cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla N° 11: ANOVA de Estabilidad Marshall

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadros</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Medidas de cuadros</b>	<b>F0</b>
<b>Cemento Asfáltico</b>	$1.354 \times 10^3$	3	$2.451 \times 10^5$	4.761
<b>Polímero EVA</b>	$1.983 \times 10^7$	3	$6.63 \times 10^7$	128.788
<b>Interacción</b>	$9.873 \times 10^5$	9	$1.354 \times 10^3$	2.131
<b>SSE</b>	$8.237 \times 10^5$	16	$5.148 \times 10^4$	
<b>SST</b>	$2.244 \times 10^7$	31		

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

Respecto al cemento asfáltico es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto al polímero EVA es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto a la interacción de ambos materiales es significativa y se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$	Cemento asfáltico es significativa	$F0 > qF$
$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$	Polímero EVA es significativa	$F0 > qF$
$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$	Interaccion es significativa	$qF > F0$

Flujo- Marshall En la Figura N° 5, los datos en forma de circulo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron el flujo de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 5: Modelo del Flujo de la mezcla asfáltica

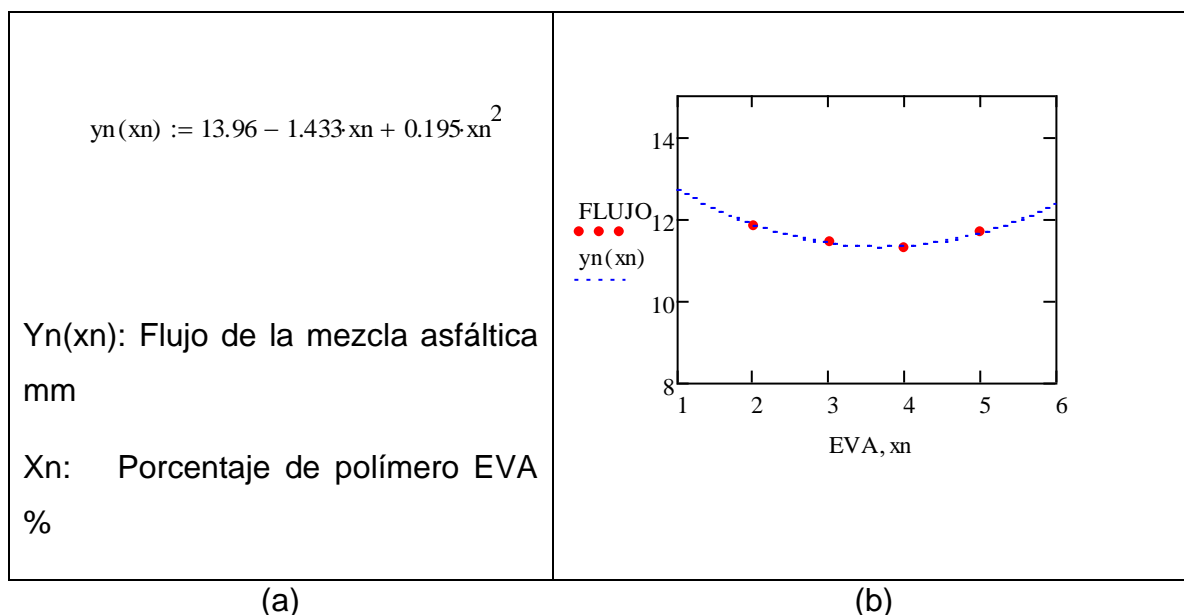


Figura N° 5: Modelo del Flujo de la mezcla asfáltica como función del porcentaje del polímero EVA (a); diagrama de los datos del flujo medido por diferentes autores como función del porcentaje de EVA incorporado a la mezcla asfáltica.

Del modelo mostrado en la Figura N° 5 (a) se obtuvo el máximo flujo obtenido por el software nos dice que 3.6% de polímero EVA nos da un Flujo de 11.32mm. Según Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010 nos dice que el Flujo mínima y máxima para el tránsito liviano es de 8 – 18mm, por lo tanto, si se cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla N° 12: ANOVA de Flujo Marshall

Fuente	Suma de cuadros	Grados de libertad	Medidas de cuadros	F0
<b>Cemento Asfáltico</b>	1.426	3	0.475	4.025
<b>Polímero EVA</b>	44.948	3	14.983	126.975
<b>Interacción</b>	22.05	9	2.451	20.771
<b>SSE</b>	1.89	16	0.118	
<b>SST</b>	70.32	31		

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

Respecto al cemento asfáltico es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto al polímero EVA es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto a la interacción de ambos materiales es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$	Cemento asfáltico es significativa	$F0 > qF$
$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$	Polímero EVA es significativa	$F0 > qF$
$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$	Interacción es significativa	$F0 > qF$

% De Vacíos De Aire – Marshall En la Figura N° 6, los datos en forma de círculo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron el % de vacíos de aire de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 6, Modelo del VDA de la mezcla asfáltica

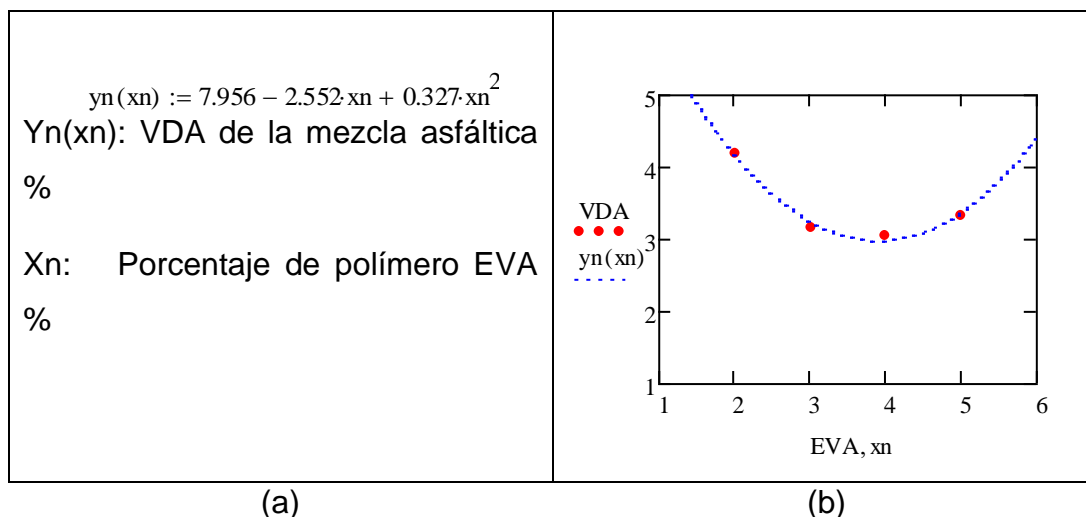


Figura N° 6, Modelo del VDA de la mezcla asfáltica como función del porcentaje del polímero EVA (a); diagrama de los datos del % de vacíos de aire medido por diferentes autores como función del porcentaje de EVA incorporado a la mezcla asfáltica.

Del modelo mostrado en la Figura N° 6, (a) se obtuvo el máximo % de vacíos de aire obtenido por el software nos dice que 3.9% de polímero EVA nos da un porcentaje de Vacíos de Aire de 3%. Según Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010 nos dice que el porcentaje de Vacíos de Aire mínimo para el tránsito liviano es de 3% - 5%, por lo tanto, si se cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla N° 13: ANOVA de % Vacíos de Aire

Fuente	Suma de cuadros	Grados de libertad	Medidas de cuadros	F0
<b>Cemento Asfáltico</b>	6.51	3	2.172	39.491
<b>Polímero EVA</b>	56.3	3	18.79	341.636
<b>Interacción</b>	5.82	9	0.648	11.782
<b>SSE</b>	0.88	16	0.055	

<b>SST</b>	$6.96 \times 10^{-3}$	31
------------	-----------------------	----

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

Respecto al cemento asfáltico es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto al polímero EVA es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto a la interacción de ambos materiales es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

$qF(0.95, 3, 22) = 3.049$	Cemento asfáltico es significativa	$F_0 > qF$
$qF(0.95, 3, 22) = 3.049$	Polimero EVA es significativa	$F_0 > qF$
$qF(0.95, 9, 22) = 2.342$	Interaccion es significativa	$F_0 > qF$

% De Vacíos De Agregados Minerales - Marshall En la Figura N° 7, los datos en forma de circulo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron el % de Vacíos de Agregados Minerales de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 7: Modelo del VAM de la mezcla asfáltica

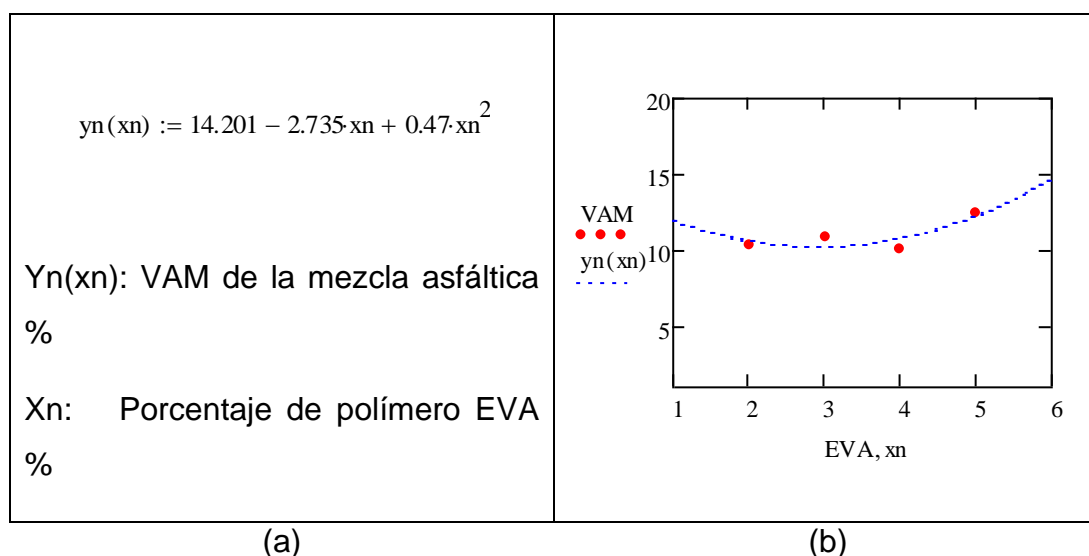


Figura N° 7: Modelo del VAM de la mezcla asfáltica como función del porcentaje del polímero EVA (a); diagrama de los datos del % de Vacíos de Agregados Minerales medido por diferentes autores como función del porcentaje de EVA incorporado a la mezcla asfáltica.

Del modelo mostrado en la Figura N° 7, (a) se obtuvo el máximo % de Vacíos de Agregados Minerales obtenido por el software nos dice que 2.9% de polímero EVA nos da un porcentaje de Vacíos de Agregados Minerales de 10.2% Según Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010 nos dice que el porcentaje de Vacíos de Agregados Minerales mínima para el transito liviano es de 3%, por lo tanto si se cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla N° 14: ANOVA de Vacíos de Agregados Minerales

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadros</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Medidas de cuadros</b>	<b>F0</b>
<b>Cemento Asfáltico</b>	20.596	3	6.865	83.72
<b>Polímero EVA</b>	$1.215 \times 10^3$	3	405	$4.939 \times 10^3$
<b>Interacción</b>	16.57	9	1.841	22.451
<b>SSE</b>	1.305	16	0.082	
<b>SS</b>	$1.254 \times 10^3$	31		

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

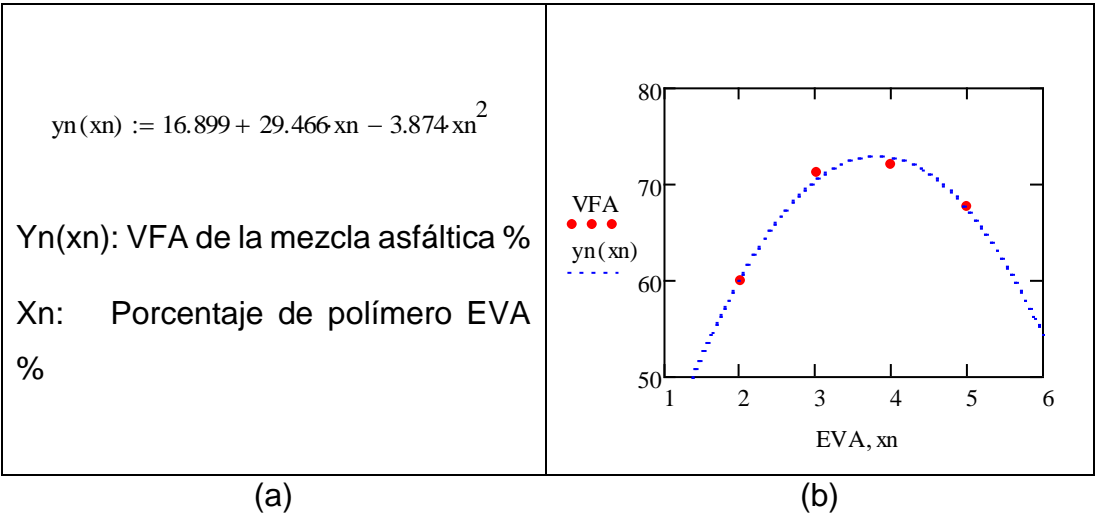
Respecto al cemento asfáltico es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto al polímero EVA es significativa y se

rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto a la interacción de ambos materiales es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$	Cemento asfaltico es significativa	$F0 > qF$
$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$	Polimero EVA es significativa	$F0 > qF$
$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$	Interaccion es significativa	$F0 > qF$
% De		

Vacíos Llenados de Asfalto - Marshall en la figura N° 8, los datos en forma de circulo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron el % de vacíos llenos de asfalto de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 8, Modelo del VFA de la mezcla asfáltica



Del modelo mostrado en la Figura N° 8, (a) se obtuvo el máximo % de vacíos llenos de asfalto obtenido por el software nos dice que 3.8% de polímero EVA nos da un porcentaje de Vacíos Llenados de Asfalto de 72.9%. Según Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010 nos dice que el porcentaje de Vacíos Llenados de Asfalto mínimo y máximo para el transito liviano es de 70% - 80%, por lo tanto, si se cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla N° 15: ANOVA % de Vacíos Llenados de Asfalto

Fuente	Suma de cuadros	Grados de libertad	Medidas de cuadros	F0
<b>Cemento Asfáltico</b>	711.77	3	237.257	5.984
<b>Polímero EVA</b>	4.429x10 <sup>3</sup>	3	1.476x10 <sup>3</sup>	37.225
<b>Interacción</b>	1.025x10 <sup>4</sup>	9	1.139x10 <sup>3</sup>	28.726
<b>SSE</b>	634.41	16	39.651	
<b>SST</b>	1.603x10 <sup>4</sup>	31		

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

Respecto al cemento asfáltico es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto al polímero EVA es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto a la interacción de ambos materiales es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$	Cemento asfáltico es significativa	$F_0 > qF$
$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$	Polímero EVA es significativa	$F_0 > qF$
$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$	Interacción es significativa	$F_0 > qF$
		Peso

Específico - Marshall en la Figura N° 9, los datos en forma de círculo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron el Peso Específico de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 9, Modelo del PE de la mezcla asfáltica



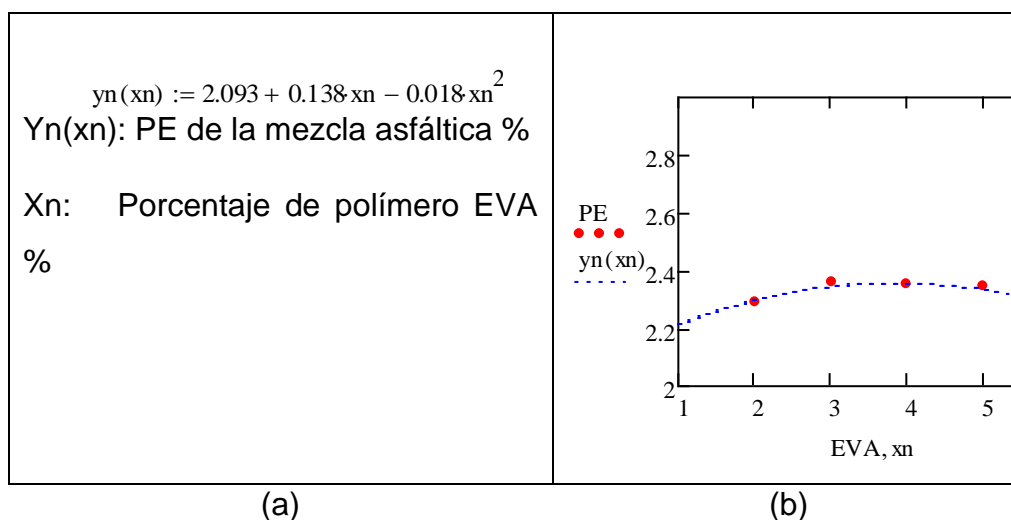


Figura N° 9, Modelo del PE de la mezcla asfáltica como función del porcentaje del polímero EVA (a); diagrama de los datos del Peso Específico medido por diferentes autores como función del porcentaje de EVA incorporado a la mezcla asfáltica.

Del

modelo mostrado en la Figura N° 9, (a) se obtuvo el máximo Peso Específico obtenido por el software nos dice que 4.2% de polímero EVA nos da un Peso Específico de 2.3.

Tabla N° 16: ANOVA del Peso Específico Marshall

Fuente	Suma de cuadros	Grados de libertad	Medidas de cuadros	F0
<b>Cemento Asfáltico</b>	0.04	3	0.015	1.364
<b>Polímero EVA</b>	0.29	3	0.099	9
<b>Interacción</b>	0.06	9	$7.444 \times 10^{-3}$	0.677
<b>SSE</b>	0.71	16	0.011	

<b>SST</b>	0.58	31
------------	------	----

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

Respecto al cemento asfáltico se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa concluyendo que el cemento asfáltico es significativa. Respecto al polímero EVA se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa concluyendo que el polímero EVA es significativa. Respecto a la interacción se rechaza la hipótesis alternativa se acepta la hipótesis nula concluyendo que la interacción es significativa.

$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$	Cemento asfáltico es significativa	$qF > F0$
$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$	Polimero EVA es significativa	$F0 > qF$
$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$	Interaccion es significativa	$qF > F0$

## **V. DISCUSIÓN**

1.- Se aceptará la hipótesis alternativa general la cual nos dice que, si hay relación de dependencia entre Diseño de pavimento flexible incorporando polímeros EVA a la mezcla asfáltica para el pavimento de la carretera 3N en el distrito de Huánuco, Huánuco – 2020. Este capítulo de este proyecto de investigación establece que pueden percibir sus diferencias o similitudes en el contexto de los capítulos anteriores. Para permitir la comprensión de diferentes perspectivas en términos de CBR, se calcula el número de repeticiones de eje equivalentes llamado (ESAL) y comprenda el análisis de los datos recopilados por Mathcad-15 <sup>TM</sup> y ASSTHO 93 y los métodos involucrados al usar el software con datos existentes.

2.- Los resultados del estudio de suelo fueron un CBR de diseño de 25.48% ya que según el manual de carreteras de suelo, geología, geotecnia y pavimentos lo clasifica como suelo Subrasante buena. El resultado del tipo de suelo que se hallaron fueron suelos de tipo SM (arenas limosas), SC (arenas arcillosas mezclas de arena con arcilla) y GW (Arenas bien graduadas con pocos o sin finos)

3.- El resultado del cálculo del número de ejes equivalentes (ESAL) repetido en el estudio de tráfico alcance  $2.99 \times (10)^6$ , un Mr de 20292.18 con un numero estructural requerido de 2.80 dentro de 20 años, lo que cumplirá con el nivel Servicio establecido y calculado por ASSTHO 93.

4.- El departamento de Huánuco existen distritos donde las vías de acceso y avenidas principales no están pavimentadas y sobre todo en el distrito de La Unión, Por los factores como el clima y entre otros factores es necesario pavimentar las calles y reforzar la carpeta asfáltica con polímeros Eva, ya que este tipo de polímero mejora la resistencia de mezclas asfálticas, tiene un mejor comportamiento a temperaturas altas y es flexible a bajas temperaturas, lo que hace es favorecer la estructura del pavimento y alarga la funcionalidad de ellas.

5.- En los resultados la adición de polímeros mejora sus propiedades físico mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente los cuales fueron agregados en distintas cantidades. Lo cual es afín con los resultados que en este proyecto de investigación se encontró.

6.- Los autores Pancorbo y Reime (2018) utilizó los porcentajes del polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) que se adicionó a la mezcla asfáltica en la investigación fueron el (1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5%) porcentaje respecto al peso del cemento asfáltico para determinar el contenido optimo del polímero para su uso. Los resultados que se obtuvieron de la mezcla asfáltica modificada con el polímero EVA muestran mejoras significativas frente a una mezcla asfáltica tradicional en sus propiedades de resistencia empleando el aparato Marshall, resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad lo que permitió concluir que la incorporación del polímero EVA mejora sus propiedades físico mecánicas.

7.- La adición de polímeros Eva ayudará un alargamiento de vida al pavimento en de la carretera 3N en el distrito de Huánuco, Huánuco – 2020, con un 5.5% de polímeros EVA y un 4.5% de cemento asfáltico sería lo ideal para trabajar en dicha carretera. lo cual coinciden con los autores Haddadi, Ghorbel y Laradi (2007). La adición de 5% de EVA al betún resulta en mejores propiedades de concreto asfáltico

8.- Los resultados para el diseño del pavimento flexible fueron para la carpeta asfáltica carpeta de asfáltica 3", base 30" y subbase granular 49.5. con un SN requerido de 2.80

9.- En cuanto a los resultados de la estabilidad y porcentaje de vacíos de aire obtenidos de la recopilación de datos y procesados en el Mathcad-15™, se hayo que con el porcentaje de 5.5% de polímeros EVA a la mezcla cumplió con los parámetros dados por el Manual de Carreteras 2013 dado que los parámetros fijados en dicho manual establecen cierto rango para el diseño de mezcla.

10.- Estos tipos de polímeros (EVA) es relativamente nuevo en la utilización como modificador del asfalto y es utilizado aproximadamente hace 15 años, estos polímeros son compatibles con los asfaltos, brindan una mejor resistencia, minimizan la susceptibilidad térmica, tiene mejor comportamiento a temperaturas altas y es flexible a bajas temperaturas.

11.- En cuanto al cemento asfáltico que se usa en mezclas asfálticas cuya elaboración es en caliente será clasificado por penetración. Y por viscosidad absoluta. Su empleo será teniendo en cuenta según sus características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento (Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

12.- Se utilizó este tipo de polímeros ya que en la ciudad de Huánuco el clima es adecuado es por eso que se optó por este tipo de polímero para un periodo de 20 años, la norma me pide que mayor a 24° c se utilizará el modificado.

## **VI. CONCLUSIÓN**

1.- Dio como resultado desde el conteo lunes 20 hasta la semana 26 de octubre de IMDA para el año 2014 un total de 1265 vehículos/día y para el año 2016 se dio un factor de corrección estacional del 13%, una tasa de crecimiento de 3.6% para un periodo de 2 años, que nos dio con un total de IMDA de 1430 vehículos/día y para el año 2024 se dio un total de 1535 vehículos/día, y para el año de periodo de diseño que es de 20 años se dará un total de 16003716.64 pasadas en la estación 0+00 – 1+900 km. El IMDA se dio un total de 574 veh/día para 365 días con un factor direccional de 0.50 y un factor carril de 1.0 con una tasa de crecimiento de 3.6 para un periodo de 20 años. Nos dio un w18 de 2992840.41

2.- Para hallar el resultado de las propiedades del diseño de mezclas asfálticas se usó datos de diferentes autores de lo que se hizo en el mathcad por el método Marshall en donde se usaron 2%, 3%, 4% y 5% proporciones de polímero EVA y 4.5%, 5.0%, 6.3% y 6.4% de cemento asfáltico.

3.- El objetivo general de la investigación fue: Elaborar el diseño del diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito La Unión, Huánuco – 2020.

4.- Para realizar el diseño de mezcla asfáltica hemos sacado un porcentaje del polímero Eva para el agregado en mezcla asfáltica en caliente para diseño de pavimento y el porcentaje obtenido es de 4% a la mezcla asfáltica. En donde mejorará la resistencia del pavimento y alargará la vida útil. También hemos obtenido los diámetros y estructura del pavimento.



## **VII. RECOMENDACIÓN**

1.- Se debe tener en cuenta el tipo de clima del lugar donde se va a realizar el diseño de pavimento ya que con ese dato se escogerá el tipo de cemento asfáltico.

2.- Para garantizar la calidad de la mezcla asfáltica que se va usar, se tiene que tener en cuenta todos los parámetros que se encuentra en el Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010.

3.- Se recomienda el uso de software del ministerio de transporte y comunicaciones – MTC, para determinar el correctamente el cálculo de ejes equivalentes (Esal) para el pavimento flexible por ser más detallado.

4.- Tener en cuenta el tipo de transito ya sea pesado o liviano porque a partir de ello depende el porcentaje de polímeros EVA requerido para elaborar el diseño de mezclas asfálticas.

## **VIII. REFERENCIAS**

- Abd El-Rahman, A. M. M., El-Shafie, M., Mohammedy, M. M., & Abo-Shanab, Z. L. (2018). Enhancing the performance of blown asphalt binder using waste EVA copolymer (WEVA). *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 513-521. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.08.002>
- Ameri, M., Mansourian, A., & Sheikhmotevali, A. H. (2012). Investigating effects of ethylene vinyl acetate and gilsonite modifiers upon performance of base bitumen using Superpave tests methodology. *Construction and Building Materials*, 36, 1001-1007. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.137>
- Bello, G. (2018). "Control de calidad de la carpeta asfáltica modificada con polímeros ubicada más de 4500 m.s.n.m en la carretera callejón de Huaylas - chacas - san Luis, de acuerdo al manual para carreteras, especificaciones técnicas generales para construcción, EG, - 2. Universidad Nacional «Santiago Antúnez de Mayolo».
- Cárdenas, J., & Fonseca, E. (2009). MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE ASFALTO CONVENCIONAL Y MODIFICADO CON POLÍMERO RECICLADO, ESTUDIADA DESDE LA RELACIÓN VISCOSIDAD-TEMPERATURA. En *Revista EIA*.
- Kalantar, Z. N., Karim, M. R., & Mahrez, A. (2012). A review of using waste and virgin polymer in pavement. *Construction and Building Materials*, 33, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.01.009>
- Liang, M., Ren, S., Fan, W., Xin, X., Shi, J., & Luo, H. (2017). Rheological property and stability of polymer modified asphalt: Effect of various vinyl-acetate structures in EVA copolymers. *Construction and Building Materials*, 137, 367-380. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.123>

- Luo, W. Q., & Chen, J. C. (2011). Preparation and properties of bitumen modified by EVA graft copolymer. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1830-1835. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.079>
- Saroufim, E., Celauro, C., & Mistretta, M. C. (2018). A simple interpretation of the effect of the polymer type on the properties of PMBs for road paving applications. *Construction and Building Materials*, 158, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.10.034>
- Siddig, E. A. A., Feng, C. P., & Ming, L. Y. (2018). Effects of ethylene vinyl acetate and nanoclay additions on high-temperature performance of asphalt binders. *Construction and Building Materials*, 169, 276-282. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.012>
- Singh, M., Kumar, P., & Maurya, M. R. (2014). Effect of aggregate types on the performance of neat and EVA-modified asphalt mixtures. *International Journal of Pavement Engineering*, 15(2), 163-173. <https://doi.org/10.1080/10298436.2013.812211>
- (Singh et al., 2014) Abd El-Rahman, A. M. M., El-Shafie, M., Mohammedy, M. M., & Abo-Shanab, Z. L. (2018). Enhancing the performance of blown asphalt binder using waste EVA copolymer (WEVA). *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 513-521. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.08.002>
- Ameri, M., Mansourian, A., & Sheikhmotevali, A. H. (2012). Investigating effects of ethylene vinyl acetate and gilsonite modifiers upon performance of base bitumen using Superpave tests methodology. *Construction and Building Materials*, 36, 1001-1007. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.137>
- Bello, G. (2018). "Control de calidad de la carpeta asfáltica modificada con polímeros ubicada más de 4500 m.s.n.m en la carretera callejón de huaylas - chacas - san Luis, de acuerdo al manual para carreteras, especificaciones técnicas generales para construcción, EG, - 2. Universidad Nacional «Santiago Antúnez de Mayolo».

- Cárdenas, J., & Fonseca, E. (2009). MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE ASFALTO CONVENCIONAL Y MODIFICADO CON POLÍMERO RECICLADO, ESTUDIADA DESDE LA RELACIÓN VISCOSIDAD-TEMPERATURA. En Revista EIA.
- Kalantar, Z. N., Karim, M. R., & Mahrez, A. (2012). A review of using waste and virgin polymer in pavement. *Construction and Building Materials*, 33, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.01.009>
- Liang, M., Ren, S., Fan, W., Xin, X., Shi, J., & Luo, H. (2017). Rheological property and stability of polymer modified asphalt: Effect of various vinyl-acetate structures in EVA copolymers. *Construction and Building Materials*, 137, 367-380. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.123>
- Luo, W. Q., & Chen, J. C. (2011). Preparation and properties of bitumen modified by EVA graft copolymer. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1830-1835. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.079>
- Saroufim, E., Celauro, C., & Mistretta, M. C. (2018). A simple interpretation of the effect of the polymer type on the properties of PMBs for road paving applications. *Construction and Building Materials*, 158, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.10.034>
- Siddig, E. A. A., Feng, C. P., & Ming, L. Y. (2018). Effects of ethylene vinyl acetate and nanoclay additions on high-temperature performance of asphalt binders. *Construction and Building Materials*, 169, 276-282. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.012>
- Singh, M., Kumar, P., & Maurya, M. R. (2014). Effect of aggregate types on the performance of neat and EVA-modified asphalt mixtures. *International Journal of Pavement Engineering*, 15(2), 163-173. <https://doi.org/10.1080/10298436.2013.812211>

Alamilla, H. D., Zayd, A., & Rivera, S. (2018). Manual De Ensayos Para Laboratorio: Agregados (AG) para Mezclas Asfálticas. (516).

Asfaltq, D. E. L., & Velázquez, M. (s. f.). MANUAL. 9.

MC-11-14 Manual de Inventarios Viales Aprobado y Parte IV Versión Digital del Original\_OK.pdf. (s. f.).

MTC. (2016). Edición Mayo de 2016. Manual de Ensayo de Materiales.

Carreteras, M. D. E., & Dg, T. (2018). Dirección General De Caminos Y Ferrocarriles.

Arias, F. G. (2012). EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Introducción a la *metodología científica 6° Edición*

## **VI. ANEXO**



**INFORME DE DISEÑO**  
**DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS**  
**MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)**  
**(RESUMEN)**

SOLICITANTE : AUCASI PACASI, RAUL ALFREDO Y ESCOBAR FALLA MARIO JERUSALEN  
UBICACIÓN : AMARILIS, HUANUCO  
PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO POLIMEROS EVA PARA PAVIMENTO DE LA CARRETERA 3N EN EL DISTRILLO DE AMARILIS, HUANUCO - 2020  
REFERENCIA : CONTRATO No 008-2014-MTC/20 DE PROVIAS  
FECHA DE RECEPCIÓN : 03/08/20

**1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)**

**CANTERA XXXX**

PIEDRA CHANCADA DE 3/4" : 10%  
PIEDRA CHANCADA DE 1/2" : 30%  
ARENA CHANCADA : 52%  
ARENA ZARANDEADA : 7.0%  
CAL HIDRATADA : 1.0%  
: MAC-2  
: ESPECIFICACIÓN EG-2013.

**2.- LIGANTE BITUMINOSO**

Tipo de asfalto : 60/70 REPSOL  
% optimo de C.A. : 5,9

**3.- ADITIVO**

Tipo de aditivo : ADHESOL 10000  
% de aditivo en peso del C.A. : 0.5

**3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO**

Nº DE GOLPES		75	
CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL)	5.70	5.90	6.10
DENSIDAD SECA BULK (g/cm3)	2.343	2.345	2.347
VACIOS (%)	4.3	3.9	3.6
V.M.A. ( %)	15.96	16.03	16.14
R.B.V. (%)	71.8	74.7	77.7
FLUJO (0,25 mm)	13.7	14.2	14.7
ESTABILIDAD (kg)	1344.0	1319.0	1282.0
Relación polvo - asfalto	1.03	0.99	0.95
RELACION ESTABILIDAD/FLUJO	3851	3660	3444

**4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)**

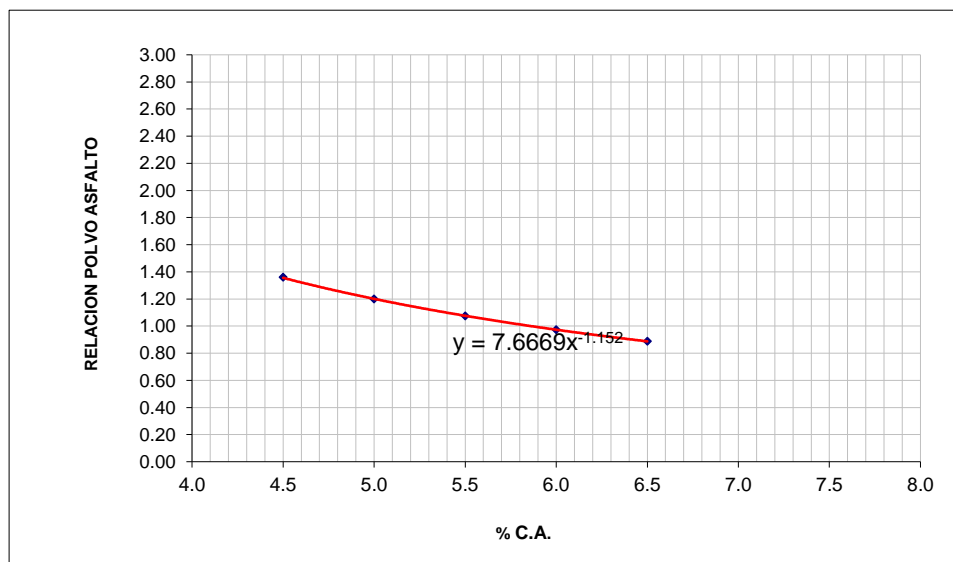
Según carta de viscosidad

Temperatura de mezcla : 154°C - 158°C  
Temperatura de compactación : 144°C - 147°C

**5.- OBSERVACIONES**

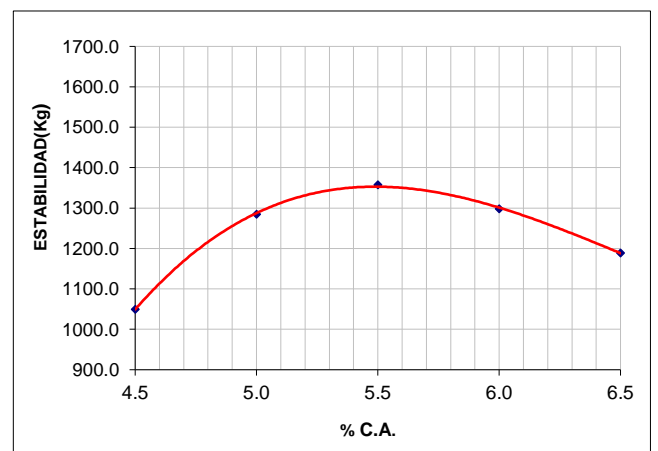
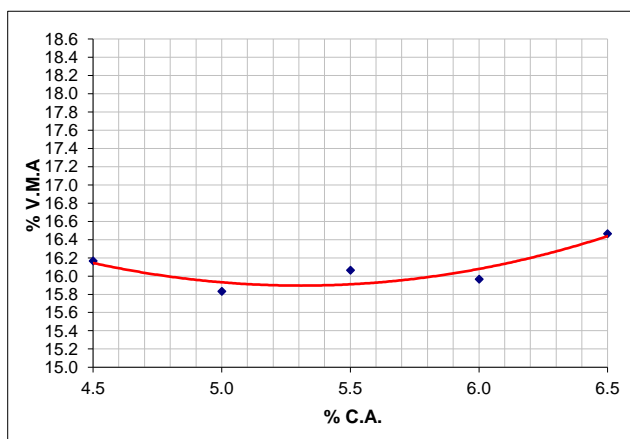
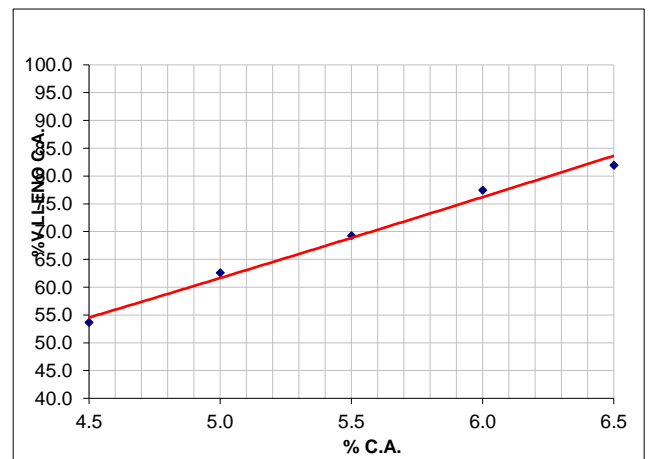
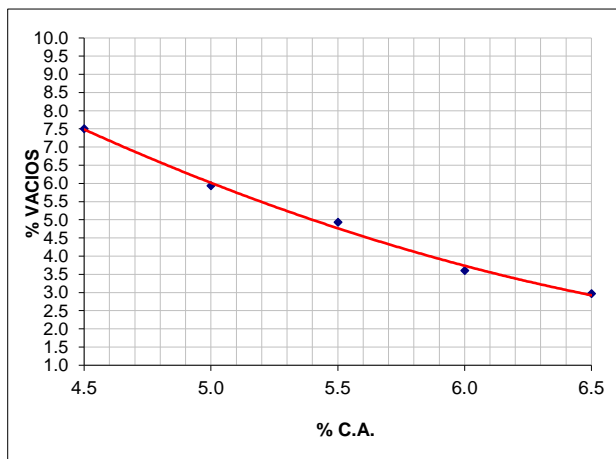
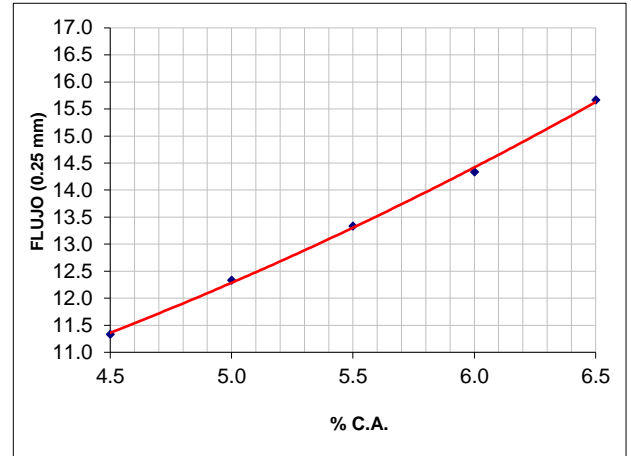
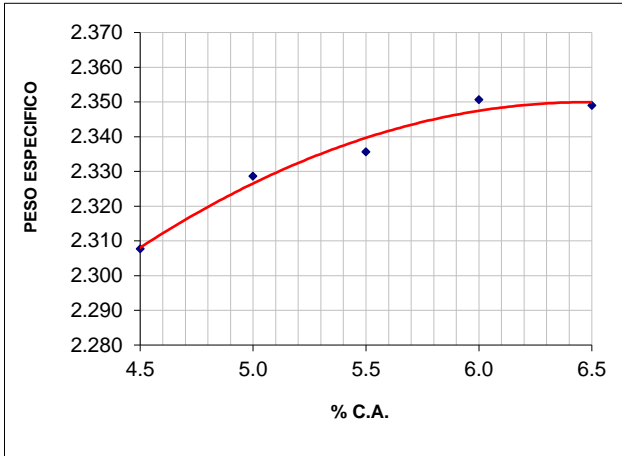
CARACTERÍSTICAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS						ECUACIÓN GRAFICA		
						PORCENTAJE OPTIMO		
% CA.	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	5.70	5.90	6.10
P. ESPECIFICO	2.308	2.329	2.336	2.351	2.349	2.343	2.345	2.347
% VACIOS	7.5	5.9	4.9	3.6	3.0	4.3	3.9	3.6
V. M. A.	16.2	15.8	16.1	16.0	16.5	16.0	16.0	16.1
%VACIO LLENO C.A.	53.6	62.6	69.3	77.5	82.0	71.80	74.70	77.70
FLUJO	11.3	12.3	13.3	14.3	15.7	13.7	14.2	14.7
ESTABILIDAD	1049.8	1284.7	1357.2	1298.2	1189.1	1344	1319	1282
ESTABILIDAD/FLUJO						3851	3660	3444
POLVO/ASFALTO	1.36	1.20	1.07	0.97	0.89	1.03	0.99	0.95

$y = -0,0107x^2 + 0,1383x + 1,9019$	
$y = 0,4381x^2 - 7,099x + 30,56$	
$y = 0,381x^2 - 4,0438x + 26,627$	
$y = 9,4867x^{1,1628}$	
$y = 0,1905x^2 + 0,0381x + 7,3333$	
$y = 74,956x^3 - 1470,9x^2 + 9372,6x - 18172$	



# DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

## MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)



**INFORME DE DISEÑO**  
**DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS**  
**MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)**  
**(RESUMEN)**

SOLICITANTE : AUCASI PACASI, RAUL ALFREDO Y ESCOBAR FALLA MARIO JERUSALEN  
UBICACIÓN : AMARILIS, HUANUCO  
PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO POLIMEROS EVA PARA PAVIMENTO DE LA CARRETERA  
3N EN EL DISTRILLO DE AMARILIS, HUANUCO - 2020  
REFERENCIA : CONTRATO No 008-2014-MTC/20 DE PROVIAS  
FECHA DE RECEPCIÓN : 03/08/20

**1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)**

**CANTERA XXXX**

PIEDRA CHANCADA DE 3/4" : 10%  
PIEDRA CHANCADA DE 1/2" : 30%  
ARENA CHANCADA : 52%  
ARENA ZARANDEADA : 7.0%  
CAL HIDRATADA : 1.0%  
: MAC-2  
: ESPECIFICACIÓN EG-2013.

**2.- LIGANTE BITUMINOSO**

Tipo de asfalto : BETUTEC IC CON EVA  
% optimo de C.A. : 5,9

**3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO**

Nº DE GOLPES		75	
CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL)	5.70	5.90	6.10
DENSIDAD SECA BULK (g/cm3)	2.333	2.343	2.352
VACIOS (%)	4.5	3.8	3.2
V.M.A. ( %)	16.30	16.13	15.98
R.B.V. (%)	71.8	75.8	79.9
FLUJO (0,25 mm)	11.6	12.2	12.9
ESTABILIDAD (kg)	1712.0	1695.0	1672.0
Relación polvo - asfalto	1.01	0.97	0.94
RELACION ESTABILIDAD/FLUJO	5816	5450	5085

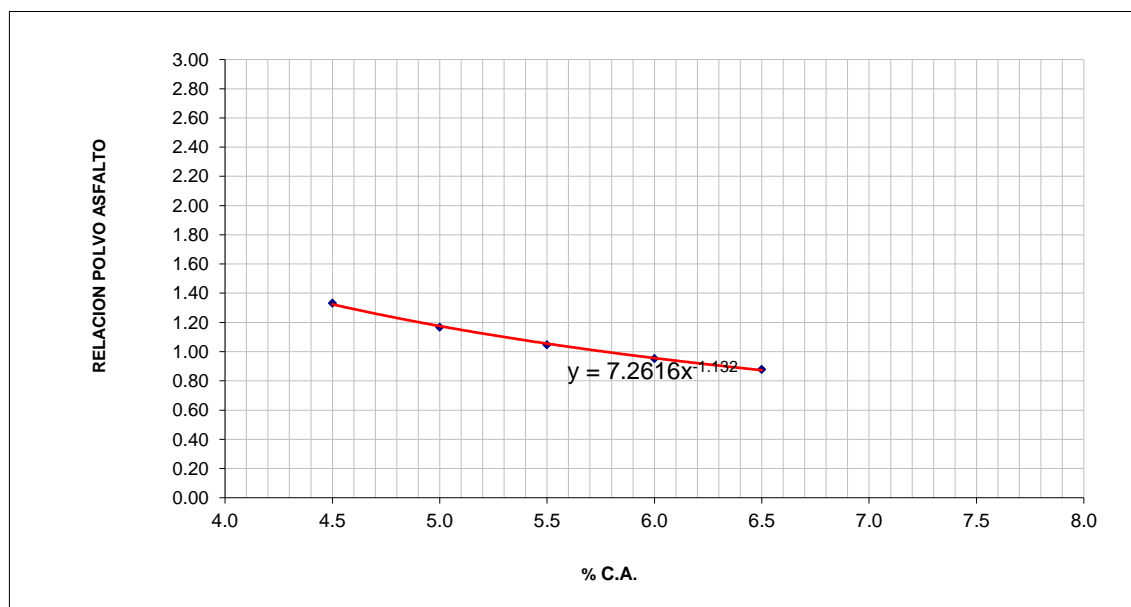
**4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)**

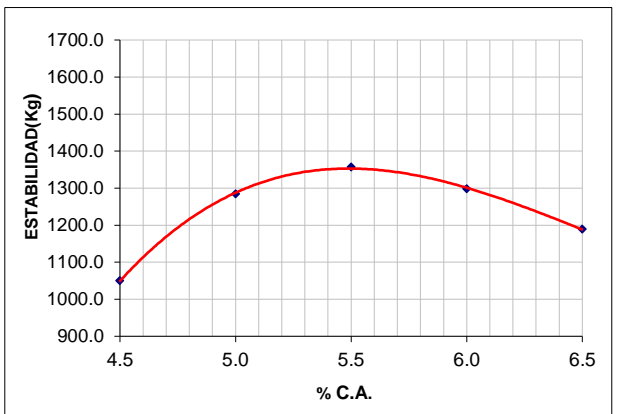
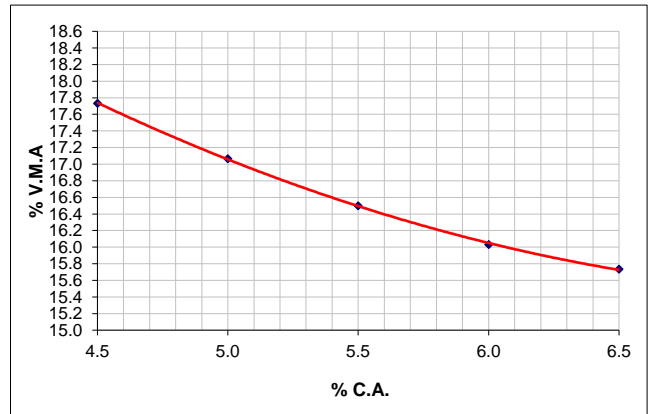
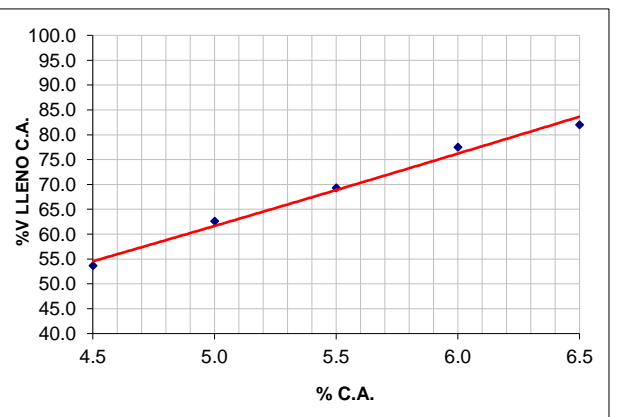
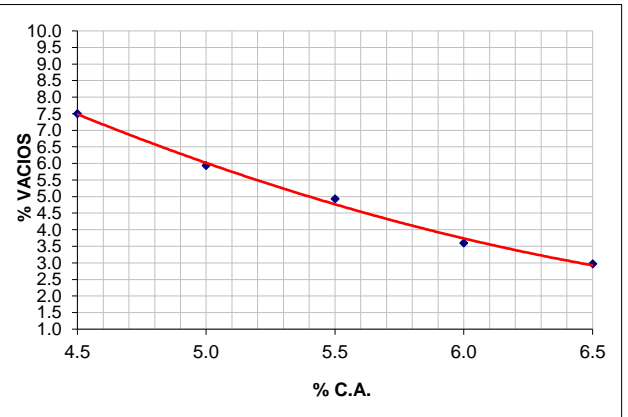
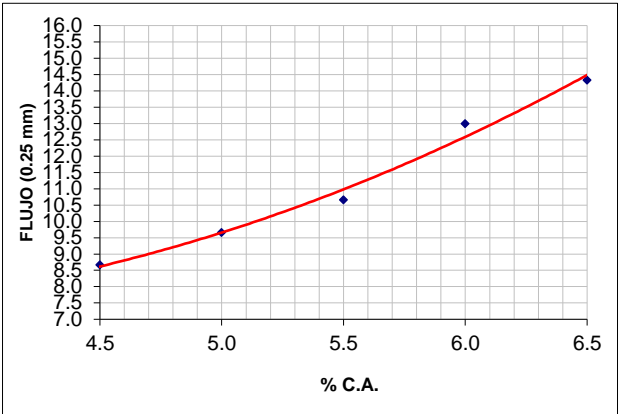
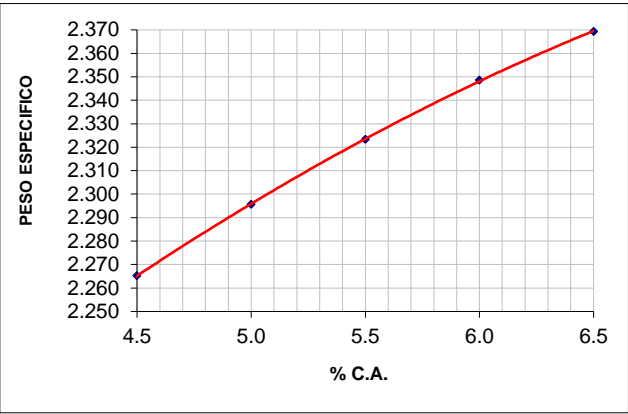
Según carta de viscosidad  
Temperatura de mezcla : 161.9°C - 169.1°C  
Temperatura de compactación : 151.8°C - 161.9°C

**5.- OBSERVACIONES**

CARACTERÍSTICAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS						ECUACIÓN GRAFICA		
						PORCENTAJE OPTIMO		
% CA.	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	5.70	5.90	6.10
P. ESPECIFICO	2.265	2.296	2.323	2.349	2.369	2.333	2.343	2.352
% VACIOS	9.1	7.1	5.2	3.5	2.0	4.5	3.8	3.2
V. M. A.	17.7	17.1	16.5	16.0	15.7	16.3	16.1	16.0
%VACIO LLENO C.A.	48.9	58.6	68.7	78.2	87.3	71.80	75.80	79.90
FLUJO	8.7	9.7	10.7	13.0	14.3	11.6	12.2	12.9
ESTABILIDAD	1526.5	1665.9	1735.2	1672.2	1615.3	1712	1695	1672
ESTABILIDAD/FLUJO						5816	5450	5085
POLVO/ASFALTO	1.33	1.17	1.05	0.95	0.88	1.01	0.97	0.94

$y = -0.0062x^2 + 0.1203x + 1.8492$	
$y = 0.3524x^2 - 7.4162x + 35.313$	
$y = 0.2381x^2 - 3.6257x + 29.233$	
$y = 4.5633x^{1.5831}$	
$y = 0,5714x^2 - 3,3524x + 12,133$	
$y = 50.822x^3 - 988.53x^2 + 6255.3x - 11238$	
$y = 7.2616x^{-1.132}$	





## RESULTADOS DEL MATHCAD

### ESTABILIDAD - MARSHALL

La estabilidad Marshall es una medida que trata de medir la carga que se le aplica a la probeta y en el momento que falla o cede es el resultado de la prueba (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001)

ESTABILIDAD												
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO												
POLIMERO EVA	4.5%			5.0%			6.3%			6.4%		
	2	1043.31	1046.81	2	1,110.19	1120.15	2	2091.00	2090.88	2	2,923	2401.68
		1050.3	2093.61		1,130.10	2,240.29		2090.76	4181.76		1,881	4,803
	3	1133.25	1131.73	3	1,086.60	1087.12	3	2113.00	2118.67	3	3,613	3267.435
		1130.2	2263.45		1,087.63	2,174.23		2124.33	4237.33		2,922	6,535
	4	1336.97	1330.41	4	1,345.38	1347.35	4	2069.00	2069.62	4	3,437	3527.38
		1323.84	2660.81		1,349.32	2,694.70		2070.24	4139.24		3,617	7,055
	5	1374.76	1376.24	5	1,277.06	1273.03	5	2030.00	2030	5	3209.57	3322.73
		1377.71	2752.47		1,269.00	2,546.06		2030.00	4060.00		3,436	6,645

$A := (1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5)$

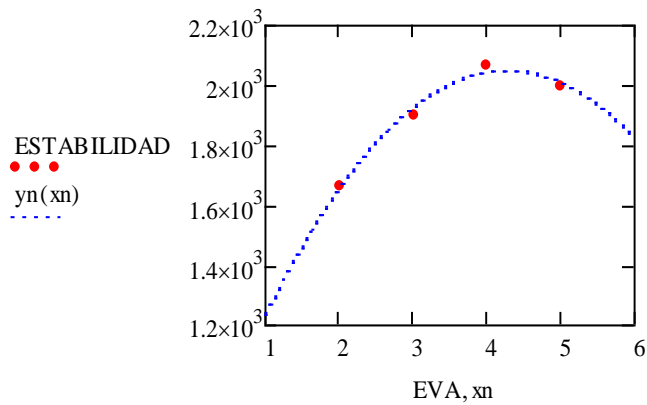
$B := (2030.00 \ 1046.81 \ 1120.15 \ 2090.88 \ 2401.68 \ 1131.73 \ 1087.12 \ 2118.67$

$3267.435 \ 1330.41 \ 1347.35 \ 2069.62 \ 3527.38 \ 1376.24 \ 1273.03 \ 2030 \ 3322.73)$

ESTABILIDAD1 := 2030      ESTABILIDAD2 :=  $\begin{pmatrix} 1046.81 \\ 1120.15 \\ 2090.88 \\ 2401.68 \end{pmatrix}$       ESTABILIDAD3 :=  $\begin{pmatrix} 1131.73 \\ 1087.12 \\ 2118.67 \\ 3267.43 \end{pmatrix}$

EVA :=  $\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix}$       ESTABILIDAD4 :=  $\begin{pmatrix} 1330.41 \\ 1347.35 \\ 2069.62 \\ 3527.38 \end{pmatrix}$       ESTABILIDAD5 :=  $\begin{pmatrix} 1376.24 \\ 1273.03 \\ 2030.0 \\ 3322.73 \end{pmatrix}$

$x := EVA$        $y := ESTABILIDAD$       ESTABILIDAD :=  $\begin{pmatrix} \text{mean}(ESTABILIDAD2) \\ \text{mean}(ESTABILIDAD3) \\ \text{mean}(ESTABILIDAD4) \\ \text{mean}(ESTABILIDAD5) \end{pmatrix}$



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix} \quad B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$\underline{S} := A^{-1} \cdot B \quad S = \begin{pmatrix} 660.312 \\ 650.389 \\ -76.137 \end{pmatrix}$$

$$y_n(x_n) := 660.312 + 650.389 x_n - 76.137 x_n^2$$

$$\frac{d}{dx_n} y_n(x_n) \rightarrow -152.274 x_n + 650.389$$

$\underline{x_n} := \text{Find}(x_n)$

Dado

$$0 = -152.274 x_n + 650.389$$

$$\underline{x_n} = 4.271$$

$$y_n(4.271) = 2.049 \times 10^3$$

$$\underline{x_n} := 3$$

$$DM1 := \begin{pmatrix} 10.4331 & 11.1000 & 20.9100 & 29.2273 \\ 10.503 & 11.301 & 20.9076 & 18.8063 \\ 11.3325 & 10.8660 & 21.1300 & 36.1305 \\ 11.302 & 10.8763 & 21.2433 & 29.2182 \\ 13.3697 & 13.4538 & 20.6900 & 34.3739 \\ 13.2384 & 13.4932 & 20.7024 & 36.1737 \\ 13.7476 & 12.7706 & 20.3000 & 32.09574 \\ 13.7771 & 12.69 & 20.3 & 34.3588 \end{pmatrix} \cdot 100$$

$$DM2 := \begin{pmatrix} 20.9361 & 22.4029 & 41.8176 & 48.0336 \\ 22.6345 & 21.7423 & 42.3733 & 65.3487 \\ 26.6081 & 26.947 & 41.3924 & 70.5476 \\ 27.5247 & 25.4606 & 40.6000 & 66.4545 \end{pmatrix} \cdot 100$$

### Suma de Filas

$$\sum_{j=0}^3 DM2_{0,j} = 1.3319 \times 10^4 \quad \sum_{j=0}^3 DM2_{1,j} = 1.521 \times 10^4$$

$$\sum_{j=0}^3 DM2_{2,j} = 1.655 \times 10^4 \quad \sum_{j=0}^3 DM2_{3,j} = 1.6 \times 10^4$$



### **Suma de columnas**

$$\sum_{i=0}^3 DM2_{i,0} = 9.77 \times 10^3 \quad \sum_{i=0}^3 DM2_{i,1} = 9.655 \times 10^3$$

$$\sum_{i=0}^3 DM2_{i,2} = 1.662 \times 10^4 \quad \sum_{i=0}^3 DM2_{i,3} = 2.504 \times 10^4$$

$$DM12 := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (DM1_{i,j})^2 \quad DM12 = 1.39 \times 10^8$$

$$DM11 := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (DM1_{i,j}) \quad DM11 = 6.108 \times 10^4$$

$$SST := DM12 - \frac{DM11^2}{32} \quad SST = 2.244 \times 10^7$$

$$DM22 := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (DM2_{i,j})^2 \quad DM22 = 2.764 \times 10^8$$

### **Efecto del Cemento Asfaltico**

$$SS_{\text{cemento}} := \frac{1}{4.2} \cdot \left[ (1.3319 \times 10^4)^2 + (1.521 \times 10^4)^2 + (1.655 \times 10^4)^2 + (1.6 \times 10^4)^2 \right] - \frac{(DM11)^2}{32}$$

$$SS_{\text{cemento}} = 7.354 \times 10^5$$

### **Efecto del porcentaje de Polimeros EVA**

$$SS_{\text{eva}} := \frac{1}{4.2} \cdot \left[ (9.77 \times 10^3)^2 + (9.655 \times 10^3)^2 + (1.662 \times 10^4)^2 + (2.504 \times 10^4)^2 \right] - \frac{DM11^2}{32}$$

$$SS_{\text{eva}} = 1.989 \times 10^7$$

### **Efecto combinado del Cemento Asfaltico y Polimeros EVA**

$$SS_{\text{interac}} := \frac{1}{2} \cdot (DM22) - \frac{DM11^2}{32} - SS_{\text{cemento}} - SS_{\text{eva}} \quad SS_{\text{interac}} = 9.872 \times 10^5$$

$$SSE := SST - SS_{\text{cemento}} - SS_{\text{eva}} - SS_{\text{interac}} \quad SSE = 8.237 \times 10^5$$

Tabla ANOVA de Estabilidad Marshall

Fuente	Suma de cuadros	Grados de libertad	Medidas de cuadros	F0
Cemento Asfáltico	$1.354 \times 10^3$	3	$2.451 \times 10^5$	4.761
Polímero EVA	$1.983 \times 10^7$	3	$6.63 \times 10^7$	128.788
Intersección	$9.873 \times 10^5$	9	$1.354 \times 10^3$	2.131
SSE	$8.237 \times 10^5$	16	$5.148 \times 10^4$	
SST	$2.244 \times 10^7$	31		

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Cemento asfáltico es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Polimero EVA es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$$

Interaccion es significativa

$$qF > F0$$

### FLUJO- MARSHALL

El flujo Marshall es una medida en centésimas de pulgada y se encarga de medir la deformación de la briqueta (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

FLUJO												
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO												
POLIMERO EVA	2	4.5%		2	5.0%		2	6.3%		2	6.4%	
		12	12.00		12	12.00		11.00	11.35		12	12.06
		12	24.00		12	24.00		11.69	22.69		12.12	24.12
	3	4.5%		3	5.0%		3	6.3%		3	6.4%	
		10.67	10.84		10	10.00		12.00	12.22		13	12.84
		11	21.67		10	20.00		12.43	24.43		12.67	25.67
	4	4.5%		4	5.0%		4	6.3%		4	6.4%	
		9.33	9.42		9.67	9.59		12.00	12.39		14	13.73
		9.5	18.83		9.50	19.17		12.78	24.78		13.45	27.45
	5	4.5%		5	5.0%		5	6.3%		5	6.4%	
		9.5	9.75		9.83	9.83		13.00	13.12		14.05	14.04
		10	19.50		9.83	19.66		13.23	26.23		14.03	28.08

```

A := (1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5)
B := (11.00 12.00 12.00 11.35 12.06 10.84 10.00 12.22 12.84 9.42 9.59 12.39 13.73 9.75 9.83 13.12 14.04)

```

FLUJO1 := 11.00

$$\text{FLUJO2} := \begin{pmatrix} 12.00 \\ 12.00 \\ 11.35 \\ 12.06 \end{pmatrix}$$

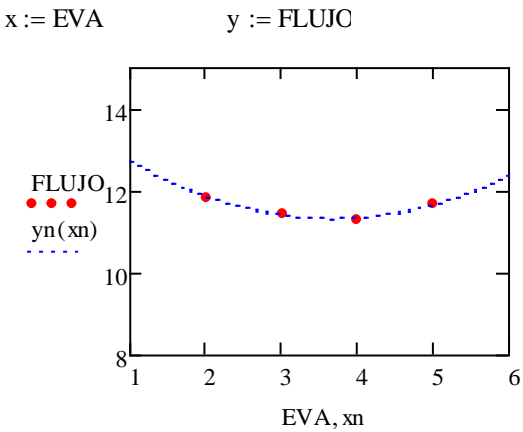
$$\text{FLUJO3} := \begin{pmatrix} 10.84 \\ 10.00 \\ 12.22 \\ 12.84 \end{pmatrix}$$

$$\text{FLUJO4} := \begin{pmatrix} 9.423 \\ 9.59 \\ 12.39 \\ 13.73 \end{pmatrix}$$

$$\text{FLUJO5} := \begin{pmatrix} 9.75 \\ 9.83 \\ 13.12 \\ 14.04 \end{pmatrix}$$

$$\text{EVA} := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix}$$

$$\text{FLUJO} := \begin{pmatrix} \text{mean}(\text{FLUJO2}) \\ \text{mean}(\text{FLUJO3}) \\ \text{mean}(\text{FLUJO4}) \\ \text{mean}(\text{FLUJO5}) \end{pmatrix}$$



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$y_n(x_n) := 13.96 - 1.433x_n + 0.195x_n^2$$

$$0 = 0.39x_n - 1.433$$

Dado

$$x_n := \text{Find}(x_n)$$

$$\frac{d}{dx_n} y_n(x_n) \rightarrow 0.39x_n - 1.433$$

$$x_n = 3.674$$

$$y_n(3.674) = 11.327$$

$$x_n := 3$$

$$\underline{\underline{DM1}} := \begin{pmatrix} 0.120 & 0.120 & 0.117 & 0.121 \\ 0.120 & 0.120 & 0.110 & 0.120 \\ 0.110 & 0.100 & 0.124 & 0.127 \\ 0.107 & 0.100 & 0.120 & 0.130 \\ 0.095 & 0.095 & 0.128 & 0.135 \\ 0.093 & 0.097 & 0.120 & 0.140 \\ 0.100 & 0.098 & 0.132 & 0.140 \\ 0.095 & 0.098 & 0.130 & 0.141 \end{pmatrix} \cdot 100$$

$$\underline{\underline{DM2}} := \begin{pmatrix} 0.240 & 0.240 & 0.227 & 0.241 \\ 0.217 & 0.200 & 0.244 & 0.257 \\ 0.188 & 0.192 & 0.248 & 0.275 \\ 0.195 & 0.197 & 0.262 & 0.280 \end{pmatrix} \cdot 100$$

#### Suma de Filas

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{0,j} = 94.8$$

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{1,j} = 91.8$$

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{2,j} = 90.3$$

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{3,j} = 93.4$$

#### Suma de columnas

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{i,0} = 84$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{i,1} = 82.9$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{i,2} = 98.1$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{i,3} = 105.3$$

$$\underline{\underline{DM12}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{\underline{DM1}}_{i,j})^2 \quad \underline{\underline{DM12}} = 4.355 \times 10^3$$

$$\underline{\underline{DM11}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{\underline{DM1}}_{i,j}) \quad \underline{\underline{DM11}} = 370.3$$

$$\underline{\underline{SST}} := \underline{\underline{DM12}} - \frac{\underline{\underline{DM11}}^2}{32} \quad \underline{\underline{SST}} = 70.325$$

$$\underline{\underline{DM22}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (\underline{\underline{DM2}}_{i,j})^2 \quad \underline{\underline{DM22}} = 8.707 \times 10^3$$

### Efecto del Cemento Asfáltico

$$\underline{SS}_{\text{Cemento}} = 1.426$$

$$\underline{SS}_{\text{Cemento}} := \frac{1}{4 \cdot 2} \cdot (94.8^2 + 91.8^2 + 90.3^2 + 93.4^2) - \frac{(\underline{DM11})^2}{32}$$

### Efecto del porcentaje de Polimeros EVA

$$\underline{SS}_{\text{Eva}} := \frac{1}{4 \cdot 2} \cdot (84^2 + 82.9^2 + 98.1^2 + 105.3^2) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} \quad \underline{SS}_{\text{Eva}} = 44.948$$

### Efecto combinado del Cemento Asfáltico y Polimeros EVA

$$\underline{SS}_{\text{Interac}} := \frac{1}{2} \cdot (\underline{DM22}) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} - \underline{SS}_{\text{Cemento}} - \underline{SS}_{\text{Eva}} \quad \underline{SS}_{\text{Interac}} = 22.055$$

$$\underline{SSE} := \underline{SST} - \underline{SS}_{\text{Cemento}} - \underline{SS}_{\text{Eva}} - \underline{SS}_{\text{Interac}} \quad \underline{SSE} = 1.895$$

Tabla ANOVA de Flujo Marshall

Fuente	Suma de cuadros	Grados de libertad	Medidas de cuadros	F0
Cemento Asfáltico	1.426	3	0.475	4.025
Polímero EVA	44.948	3	14.983	126.975
Intersección	22.05	9	2.451	20.771
SSE	1.89	16	0.118	
SST	70.32	31		

$$\underline{qF}(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Cemento asfáltico es significativa

$$\underline{F0} > \underline{qF}$$

$$\underline{qF}(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Polimero EVA es significativa

$$\underline{F0} > \underline{qF}$$

$$\underline{qF}(0.95, 9, 16) = 2.538$$

Interaccion es significativa

$$\underline{F0} > \underline{qF}$$

### **% DE VACIOS DE AIRE - MARSHALL**

Los vacíos de aire son las pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

	% DE VACIOS DE AIRE											
	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO											
POLIMERO EVA		4.5%			5.0%			6.3%			6.4%	
	2	4.01	3.94	2	2.50	2.53	2	5.00	4.95	2	5.81	5.33
		3.87	7.88		2.56	5.06		4.9	9.90		4.8	10.66
		4.5%			5.0%			6.3%			6.4%	
	3	1.25	1.22	3	1.84	1.82	3	4.40	4.45	3	4.87	5.13
		1.19	2.44		1.79	3.63		4.5	8.90		5.4	10.26
		4.5%			5.0%			6.3%			6.4%	
	4	1.84	1.92	4	1.64	1.58	4	3.90	3.80	4	4.97	4.95
		2.00	3.84		1.51	3.15		3.7	7.60		4.9	9.90
		4.5%			5.0%			6.3%			6.4%	
	5	2.39	2.92	5	1.48	1.49	5	3.50	3.65	5	5.11	5.29
		3.45	5.84		1.50	2.98		3.8	7.30		5.5	10.58

A := (1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5)

B := (7.40 3.94 2.53 4.95 5.33 1.22 1.82 4.45 5.13 1.92 1.58 3.80 4.95 2.92 1.49 3.65 5.29)

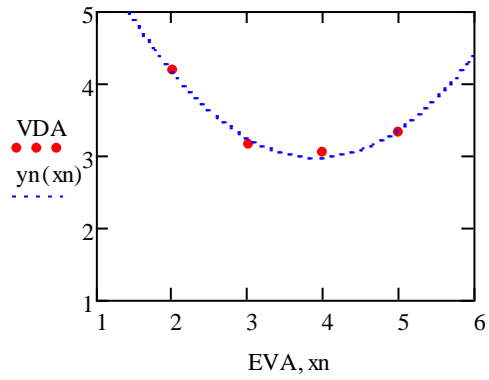
$$\text{VDA1} := 3.7 \quad \text{VDA2} := \begin{pmatrix} 3.94 \\ 2.53 \\ 4.95 \\ 5.33 \end{pmatrix} \quad \text{VDA3} := \begin{pmatrix} 1.22 \\ 1.82 \\ 4.45 \\ 5.13 \end{pmatrix}$$

$$\text{VDA4} := \begin{pmatrix} 1.92 \\ 1.58 \\ 3.80 \\ 4.95 \end{pmatrix} \quad \text{VDA5} := \begin{pmatrix} 2.92 \\ 1.49 \\ 3.65 \\ 5.29 \end{pmatrix}$$

$$\text{EVA} := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad \text{VDA} := \begin{pmatrix} \text{mean}(\text{VDA2}) \\ \text{mean}(\text{VDA3}) \\ \text{mean}(\text{VDA4}) \\ \text{mean}(\text{VDA5}) \end{pmatrix}$$

x := EVA

y := VDA



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$\underline{S} := A^{-1} \cdot B \quad S = \begin{pmatrix} 7.956 \\ -2.552 \\ 0.327 \end{pmatrix}$$

$$yn(xn) := 7.956 - 2.552 \cdot xn + 0.327 \cdot xn^2$$

$$\frac{d}{dxn} yn(xn) \rightarrow 0.654 \cdot xn - 2.552$$

$$xn := 3$$

Dado

$$0 = 0.654 \cdot xn - 2.552$$

$$\underline{xn} := \text{Find}(xn)$$

$$xn = 3.902$$

$$yn(3.902) = 2.977$$

$$\underline{DM2} := \begin{pmatrix} 0.079 & 0.051 & 0.099 & 0.107 \\ 0.024 & 0.036 & 0.089 & 0.103 \\ 0.038 & 0.032 & 0.076 & 0.099 \\ 0.058 & 0.030 & 0.073 & 0.106 \end{pmatrix} \cdot 100$$

$$\underline{\underline{\mathbf{DM1}}} := \begin{pmatrix} 0.039 & 0.026 & 0.049 & 0.048 \\ 0.040 & 0.025 & 0.050 & 0.058 \\ 0.012 & 0.018 & 0.045 & 0.054 \\ 0.013 & 0.018 & 0.044 & 0.049 \\ 0.020 & 0.015 & 0.037 & 0.049 \\ 0.018 & 0.016 & 0.039 & 0.050 \\ 0.035 & 0.015 & 0.038 & 0.055 \\ 0.024 & 0.015 & 0.035 & 0.051 \end{pmatrix} \cdot 100$$

#### Suma de Filas

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\underline{\mathbf{DM2}}}_{0,j} = 33.6 \qquad \sum_{j=0}^3 \underline{\underline{\mathbf{DM2}}}_{1,j} = 25.2$$

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\underline{\mathbf{DM2}}}_{2,j} = 24.5 \qquad \sum_{j=0}^3 \underline{\underline{\mathbf{DM2}}}_{3,j} = 26.7$$

#### Suma de columnas

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\underline{\mathbf{DM2}}}_{i,0} = 19.9 \qquad \sum_{i=0}^3 \underline{\underline{\mathbf{DM2}}}_{i,1} = 14.9$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\underline{\mathbf{DM2}}}_{i,2} = 33.7 \qquad \sum_{i=0}^3 \underline{\underline{\mathbf{DM2}}}_{i,3} = 41.5$$

$$\underline{\underline{\mathbf{DM12}}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{\underline{\mathbf{DM1}}}_{i,j})^2 \qquad \underline{\underline{\mathbf{DM12}}} = 447.72$$

$$\underline{\underline{\mathbf{DM11}}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{\underline{\mathbf{DM1}}}_{i,j}) \qquad \underline{\underline{\mathbf{DM11}}} = 110$$

$$\underline{\underline{\mathbf{SST}}} := \underline{\underline{\mathbf{DM12}}} - \frac{\underline{\underline{\mathbf{DM11}}}^2}{32} \qquad \underline{\underline{\mathbf{SST}}} = 69.595$$

$$\underline{\underline{\mathbf{DM22}}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (\underline{\underline{\mathbf{DM2}}}_{i,j})^2 \qquad \underline{\underline{\mathbf{DM22}}} = 893.68$$



### Efecto del Cemento Asfaltico

### Efecto del porcentaje de Polímeros EVA

$$\underline{SS}_{\text{Cemento}} = 6.517$$

$$\underline{SS}_{\text{Cemento}} := \frac{1}{4 \cdot 2} \cdot (33.6^2 + 25.2^2 + 24.5^2 + 26.7^2) - \frac{(\underline{DM11})^2}{32}$$

$$\underline{SS}_{\text{Seva}} = 56.37$$

$$\underline{SS}_{\text{Seva}} := \frac{1}{4 \cdot 2} \cdot (19.9^2 + 14.9^2 + 33.7^2 + 41.5^2) - \frac{\underline{DM11}^2}{32}$$

### Efecto combinado del Cemento Asfaltico y Polímeros EVA

$$\underline{SS}_{\text{Interac}} := \frac{1}{2} \cdot (\underline{DM22}) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} - \underline{SS}_{\text{Cemento}} - \underline{SS}_{\text{Seva}} \quad \underline{SS}_{\text{Interac}} = 5.828$$

$$\underline{SSE} := \underline{SST} - \underline{SS}_{\text{Cemento}} - \underline{SS}_{\text{Seva}} - \underline{SS}_{\text{Interac}} \quad \underline{SSE} = 0.88$$

Tabla ANOVA de % Vacíos de Aire

Fuente	Suma de cuadros	Grados de libertad	Medidas de cuadros	F0
Cemento Asfaltico	6.51	3	2.172	39.491
Polímero EVA	56.3	3	18.79	341.636
Intersección	5.82	9	0.648	11.782
SSE	0.88	16	0.055	
SST	$6.96 \times 10^{-3}$	31		

$$\underline{qF}(0.95, 3, 22) = 3.049$$

Cemento asfaltico es significativa

$$\underline{F0} > \underline{qF}$$

$$\underline{qF}(0.95, 3, 22) = 3.049$$

Polimero EVA es significativa

$$\underline{F0} > \underline{qF}$$

$$\underline{qF}(0.95, 9, 22) = 2.342$$

Interaccion es significativa

$$\underline{F0} > \underline{qF}$$

### **% DE VACIOS DE AGREGADOS - MARSHALL**

Los vacíos en el agregado mineral, son definidos por el espacio de vacíos que se encuentra entre las partículas de agregado de la mezcla de pavimentación compactada, incluyendo el contenido efectivo de asfalto y los vacíos de aire (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

	% DE VACIOS DE AGREGADOS											
	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO											
POLIMERO EVA		4.5%			5.0%			6.3%			6.4%	
	2	3.38	3.36	2	4.62	4.69	2	14.7	14.50	2	19	19.04
		3.34	6.72		4.75	9.37		14.3	29.00		19	38.08
	3	5.68	5.69	3	3.53	3.51	3	15	14.95	3	19	19.33
		5.7	11.38		3.48	7.01		14.9	29.90		20	38.66
	4	4.52	4.54	4	4.52	4.57	4	15.4	15.50	4	19	18.65
		4.56	9.08		4.61	9.13		15.6	31.00		18	37.31
	5	7.21	7.23	5	7.47	7.48	5	15.9	15.95	5	19.25	19.31
		7.25	14.46		7.49	14.96		16	31.90		19	38.62

A := (1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5)

B := (15.7 3.36 4.69 14.50 19.04 5.69 3.51 14.95 19.33 4.54 4.57 15.50 15.95 7.23 7.48 15.95 19.31)

VAM1 := 15.7

VAM2 :=  $\begin{pmatrix} 3.36 \\ 4.69 \\ 14.50 \\ 19.04 \end{pmatrix}$

VAM3 :=  $\begin{pmatrix} 5.69 \\ 3.51 \\ 14.95 \\ 19.33 \end{pmatrix}$

VAM4 :=  $\begin{pmatrix} 4.54 \\ 4.57 \\ 15.50 \\ 15.95 \end{pmatrix}$

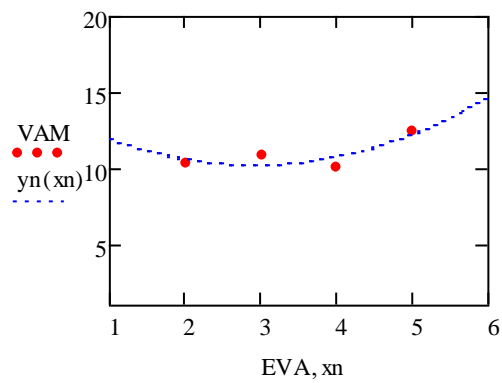
VAM5 :=  $\begin{pmatrix} 7.23 \\ 7.48 \\ 15.95 \\ 19.31 \end{pmatrix}$

EVA :=  $\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix}$

VAM :=  $\begin{pmatrix} \text{mean}(VAM2) \\ \text{mean}(VAM3) \\ \text{mean}(VAM4) \\ \text{mean}(VAM5) \end{pmatrix}$

x := EVA

y := VAM



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$\underline{\underline{S}} := A^{-1} \cdot B \quad S = \begin{pmatrix} 14.201 \\ -2.735 \\ 0.47 \end{pmatrix}$$

$$yn(xn) := 14.201 - 2.735 \cdot xn + 0.47 \cdot xn^2$$

$$\frac{d}{dxn} yn(xn) \rightarrow 0.94 \cdot xn - 2.735$$

$$xn := 3$$

Dado

$$0 = 0.94 \cdot xn - 2.735$$

$$\underline{\underline{xn}} := \text{Find}(xn)$$

$$xn = 2.91$$

$$yn(2.91) = 10.222$$

$$\underline{\mathbf{DM1}} := \begin{pmatrix} 0.033 & 0.048 & 0.143 & 0.186 \\ 0.034 & 0.046 & 0.147 & 0.195 \\ 0.057 & 0.035 & 0.149 & 0.198 \\ 0.057 & 0.035 & 0.150 & 0.188 \\ 0.046 & 0.046 & 0.156 & 0.183 \\ 0.045 & 0.045 & 0.154 & 0.190 \\ 0.073 & 0.075 & 0.160 & 0.194 \\ 0.072 & 0.075 & 0.159 & 0.193 \end{pmatrix} \cdot 100$$

$$\underline{\mathbf{DM2}} := \begin{pmatrix} 0.067 & 0.094 & 0.290 & 0.381 \\ 0.114 & 0.070 & 0.299 & 0.387 \\ 0.091 & 0.091 & 0.310 & 0.373 \\ 0.145 & 0.150 & 0.319 & 0.386 \end{pmatrix} \cdot 100$$

### Suma de Filas

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{0,j} = 83.2$$

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{2,j} = 86.5$$

### Suma de columnas

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{i,0} = 41.7$$

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{1,j} = 87$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{i,2} = 121.8$$

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{3,j} = 100$$

$$\underline{\mathbf{DM12}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{\mathbf{DM1}}_{i,j})^2$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{i,1} = 40.5$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{DM2}_{i,3} = 152.7$$

$$\underline{DM12} = 5.23 \times 10^3$$

$$\underline{DM11} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{DM1}_{i,j})$$

$$\underline{DM11} = 356.7$$

$$\underline{SST} := \underline{DM12} - \frac{\underline{DM11}^2}{32}$$

$$\underline{SST} = 1.254 \times 10^3$$

$$\underline{DM22} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (\underline{DM2}_{i,j})^2$$

$$\underline{DM22} = 1.046 \times 10^4$$

### Efecto del Cemento Asfaltico

### Efecto del porcentaje de Polimeros EVA

$$\underline{SScemento} = 20.596$$

$$\underline{SSeva} := \frac{1}{4 \cdot 2} \cdot (41.7^2 + 40.5^2 + 121.8^2 + 152.7^2) - \frac{\underline{DM11}^2}{32}$$

$$\underline{SSeva} = 1.215 \times 10^3$$

$$\underline{SScemento} := \frac{1}{4 \cdot 2} \cdot (83.2^2 + 87^2 + 86.5^2 + 100^2) - \frac{(\underline{DM11})^2}{32}$$

### Efecto combinado del Cemento Asfaltico y Polimeros EVA

$$\underline{SSinterac} := \frac{1}{2} \cdot (\underline{DM22}) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} - \underline{SScemento} - \underline{SSeva} \quad \underline{SSinterac} = 16.57$$

$$\underline{SSE} := \underline{SST} - \underline{SScemento} - \underline{SSeva} - \underline{SSinterac}$$

$$\underline{SSE} = 1.305$$

Tabla ANOVA de Vacíos de Agregados Minerales

Fuente	Suma de cuadros	Grados de libertad	Medidas de cuadros	F0
Cemento Asfaltico	20.596	3	6.865	83.72
Polímero EVA	1.215x10 <sup>3</sup>	3	405	4.939x10 <sup>3</sup>
Intersección	16.57	9	1.841	22.451
SSE	1.305	16	0.082	
SST	1.254x10 <sup>3</sup>	31		

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Cemento asfaltico es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Polimero EVA es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$$

Interaccion es significativa

$$F0 > qF$$

### % DE VACIOS LLENADOS DE ASFALTO - MARSHALL

Los vacíos llenos de asfalto, es el porcentaje de vacíos que se encuentran entre las partículas de agregado mineral se encuentran llenos de asfalto (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

% DE VACIOS LLENADOS DE ASFALTO												
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO												
POLIMERO EVA	4.5%			5.0%			6.3%			6.4%		
	2	61.72	61.75	2	41.41	40.77	2	65.9	65.70	2	70	72.16
		61.78	123.5		40.13	81.54		65.5	131.40		74	144.31
	3	71.66	71.14	3	60.48	70.73	3	70.8	70.90	3	74	71.86
		70.62	142.28		80.98	141.46		71	141.80		70	143.73
	4	15.89	15.86	4	138.82	124.48	4	74.5	73.95	4	74	73.95
		15.83	31.72		110.14	248.96		73.4	147.90		74	147.89
	5	41.69	42.17	5	77.90	75.89	5	78.1	77.60	5	74.91	74.85
		42.65	84.34		73.88	151.78		77.1	155.20		75	149.69

$$A := (1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5)$$

$$B := (52.9 \ 61.75 \ 40.77 \ 65.70 \ 72.16 \ 71.14 \ 70.73 \ 70.90 \ 71.86 \ 15.86 \ 124.48 \ 73.95 \ 73.95 \ 42.17 \ 75.89 \ 77.60 \ 74.85)$$

$$VFA1 := 52.9$$

$$VFA2 :=$$

$$\begin{pmatrix} 61.75 \\ 40.77 \\ 65.70 \\ 72.16 \end{pmatrix}$$

$$VFA3 :=$$

$$\begin{pmatrix} 71.14 \\ 70.73 \\ 70.90 \\ 71.86 \end{pmatrix}$$

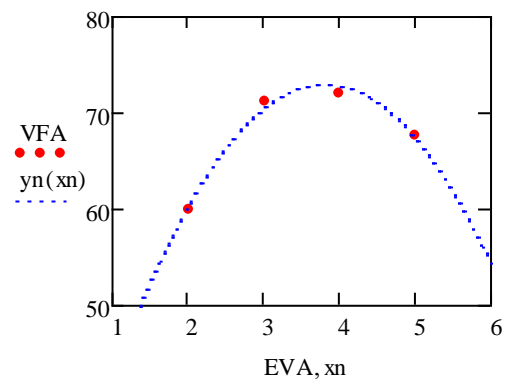
$$VFA4 := \begin{pmatrix} 15.86 \\ 124.48 \\ 73.95 \\ 73.95 \end{pmatrix}$$

$$VFA5 :=$$

$$\begin{pmatrix} 42.17 \\ 75.89 \\ 77.60 \\ 74.85 \end{pmatrix}$$

$$\text{EVA} := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \qquad \text{VFA} := \begin{pmatrix} \text{mean}(\text{VFA2}) \\ \text{mean}(\text{VFA3}) \\ \text{mean}(\text{VFA4}) \\ \text{mean}(\text{VFA5}) \end{pmatrix}$$

$$x := \text{EVA} \qquad y := \text{VFA}$$



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix} \qquad B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$\underline{\underline{S}} := A^{-1} \cdot B \qquad S = \begin{pmatrix} 16.899 \\ 29.466 \\ -3.874 \end{pmatrix}$$

$$yn(xn) := 16.899 + 29.466 \cdot xn - 3.874 \cdot xn^2$$

$$\frac{d}{dxn} yn(xn) \rightarrow -7.748 \cdot xn + 29.466$$

$$xn := 3$$

Dado

$$0 = -7.748 \cdot xn + 29.466$$

$$\underline{\underline{xn}} := \text{Find}(xn)$$

$$xn = 3.803$$

$$yn(3.803) = 72.929$$

$$\begin{aligned}
 \underline{DM1} &:= \begin{pmatrix} 0.618 & 0.401 & 0.655 & 0.741 \\ 0.617 & 0.414 & 0.659 & 0.702 \\ 0.706 & 0.810 & 0.710 & 0.696 \\ 0.717 & 0.605 & 0.708 & 0.741 \\ 0.158 & 1.101 & 0.734 & 0.740 \\ 0.459 & 1.388 & 0.745 & 0.739 \\ 0.427 & 0.739 & 0.771 & 0.748 \end{pmatrix} \cdot 100 & \quad \underline{DM2} := \begin{pmatrix} 1.235 & 0.815 & 1.314 & 1.443 \\ 1.423 & 1.415 & 1.418 & 1.437 \\ 0.317 & 2.490 & 1.479 & 1.479 \\ 0.843 & 1.518 & 1.552 & 1.497 \end{pmatrix} \cdot 100 \\
 \sum_{j=0}^3 \underline{DM2}_{1,j} &= 487.9 & \quad \sum_{j=0}^3 \underline{DM2}_{1,j} &= 569.3 \\
 \sum_{j=0}^3 \underline{DM2}_{2,j} &= 576.5 & \quad \sum_{j=0}^3 \underline{DM2}_{3,j} &= 541
 \end{aligned}$$

#### Suma de columnas

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=0}^3 \underline{DM2}_{i,0} &= 381.8 & \quad \sum_{i=0}^3 \underline{DM2}_{i,1} &= 623.8 \\
 \sum_{i=0}^3 \underline{DM2}_{i,2} &= 576.3 & \quad \sum_{i=0}^3 \underline{DM2}_{i,3} &= 585.6
 \end{aligned}$$

$$\underline{DM12} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{DM1}_{i,j})^2 \quad \underline{DM12} = 1.628 \times 10^5$$

$$\underline{DM11} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{DM1}_{i,j}) \quad \underline{DM11} = 2.167 \times 10^3$$

$$\underline{SST} := \underline{DM12} - \frac{(\underline{DM11})^2}{32} \quad \underline{SST} = 1.603 \times 10^4$$

$$\underline{DM22} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (\underline{DM2}_{i,j})^2 \quad \underline{DM22} = 3.244 \times 10^5$$

#### Efecto del Cemento Asfaltico

$$\underline{SScemento} := \frac{1}{4.2} \cdot (480.6^2 + 569.3^2 + 576.5^2 + 541^2) - \frac{(\underline{DM11})^2}{32} \quad \underline{SScemento} = 711.771$$

$$\underline{SSeva} := \frac{1}{4.2} \cdot (381.8^2 + 623.8^2 + 576.3^2 + 585.6^2) - \frac{(\underline{DM11})^2}{32} \quad \underline{SSeva} = 4.429 \times 10^3$$



### Efecto combinado del Cemento Asfaltico y Polimeros EVA

$$\underline{SSinterac} := \frac{1}{2} \cdot (\underline{DM22}) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} - SS_{cemento} - \underline{SSeva} \quad \underline{SSinterac} = 1.025 \times 10^4$$

$$\underline{SSE} := \underline{SST} - \underline{SScemento} - \underline{SSeva} - \underline{SSinterac} \quad \underline{SSE} = 634.415$$

Tabla ANOVA % de Vacíos llenados de Asfalto

Fuente	Suma de cuadros	Grados de libertad	Medidas de cuadros	F0
Cemento Asfaltico	711.77	3	237.257	5.984
Polímero EVA	$4.429 \times 10^3$	3	$1.476 \times 10^3$	37.225
Intersección	$1.025 \times 10^4$	9	$1.139 \times 10^3$	28.726
SSE	634.41	16	39.651	
SST	$1.603 \times 10^4$	31		

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Cemento asfaltico es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Polimero EVA es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$$

Interaccion es significativa

$$F0 > qF$$

**PESO ESPECIFICO - MARSHALL**

	PESO ESPECIFICO											
	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO											
POLIMERO EVA		4.5%			5.0%			6.3%			6.4%	
	2	2.35	2.33	2	2.38	2.36	2	2.21	2.22	2	2.20	2.27
		2.31	4.66		2.33	4.71		2.24	4.45		2.35	4.54
		4.5%			5.0%			6.3%			6.4%	
	3	2.45	2.46	3	2.43	2.44	3	2.16	2.16	3	2.21	2.39
		2.47	4.92		2.44	4.87		2.16	4.32		2.58	4.79
		4.5%			5.0%			6.3%			6.4%	
	4	2.42	2.44	4	2.43	2.46	4	2.18	2.18	4	2.21	2.33
		2.46	4.88		2.49	4.92		2.18	4.36		2.46	4.66
		4.5%			5.0%			6.3%			6.4%	
	5	2.39	2.36	5	2.38	2.48	5	2.18	2.19	5	2.40	2.37
		2.32	4.71		2.57	4.95		2.20	4.38		2.34	4.74

A := (1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5)

B := (2.20 2.33 2.36 2.22 2.27 2.46 2.44 2.16 2.39 2.44 2.46 2.18 2.33 2.36 2.48 2.19 2.37)

PE1 := 2.20

PE2 :=

2.35  
2.36  
2.22  
2.27

PE3 :=

2.40  
2.44  
2.16  
2.39

PE4 :=

2.44  
2.46  
2.18  
2.33

PE5 :=

2.36  
2.48  
2.19  
2.37

EVA :=

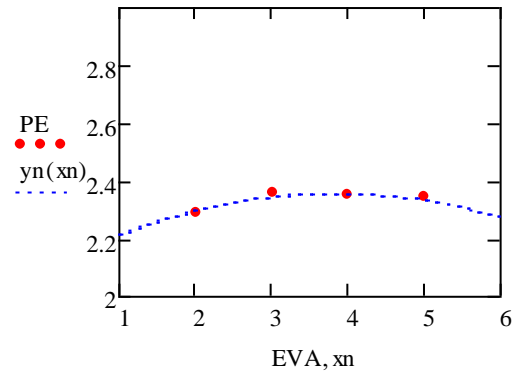
2  
3  
4  
5

PE :=

mean (PE2)  
mean (PE3)  
mean (PE4)  
mean (PE5)

x := EVA

y := PE



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$\underline{S} := A^{-1} \cdot B \quad S = \begin{pmatrix} 2.093 \\ 0.138 \\ -0.018 \end{pmatrix}$$

$$yn(xn) := 2.093 + 0.138xn - 0.018xn^2$$

$$\frac{d}{dxn} yn(xn) \rightarrow -0.036xn + 0.138$$

$$xn := 3$$

Dado

$$0 = -0.036xn + 0.138$$

$$\underline{xn} := \text{Find}(xn)$$

$$xn = 3.833$$

$$yn(3.833) = 2.357$$

$$\underline{DM2} := \begin{pmatrix} 0.047 & 0.047 & 0.044 & 0.045 \\ 0.049 & 0.049 & 0.043 & 0.048 \\ 0.049 & 0.049 & 0.044 & 0.047 \\ 0.047 & 0.050 & 0.044 & 0.050 \end{pmatrix} \cdot 100$$

$$\underline{\underline{DM1}} := \begin{pmatrix} 0.023 & 0.023 & 0.022 & 0.023 \\ 0.024 & 0.024 & 0.022 & 0.022 \\ 0.025 & 0.024 & 0.022 & 0.026 \\ 0.025 & 0.024 & 0.022 & 0.022 \\ 0.025 & 0.025 & 0.022 & 0.025 \\ 0.024 & 0.024 & 0.022 & 0.022 \\ 0.023 & 0.026 & 0.022 & 0.026 \end{pmatrix} \cdot 100$$

Suma de Filas

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\underline{DM1}}_{i,j} = 18.9 \quad \sum_{j=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{1,j} = 18.9$$

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{2,j} = 18.9 \quad \sum_{j=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{3,j} = 19.1$$

### Suma de columnas

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{i,0} = 19.2 \quad \sum_{i=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{i,1} = 19.5$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{i,2} = 17.5 \quad \sum_{i=0}^3 \underline{\underline{DM2}}_{i,3} = 19$$

$$\underline{\underline{DM12}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{\underline{DM1}}_{i,j})^2 \quad \underline{\underline{DM12}} = 177.3$$

$$\underline{\underline{DM11}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{\underline{DM1}}_{i,j}) \quad \underline{\underline{DM11}} = 75.2$$

$$\underline{\underline{SST}} := \underline{\underline{DM12}} - \frac{(\underline{\underline{DM11}})^2}{32} \quad \underline{\underline{SST}} = 0.58$$

$$\underline{\underline{DM22}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (\underline{\underline{DM2}}_{i,j})^2 \quad \underline{\underline{DM22}} = 354.26$$

### Efecto del Cemento Asfaltico

$$\underline{\underline{SScemento}} := \frac{1}{4.2} \cdot (18.3^2 + 18.9^2 + 18.9^2 + 19.1^2) - \frac{(\underline{\underline{DM11}})^2}{32} \quad \underline{\underline{SScemento}} = 0.045$$

Efecto del porcentaje de Polimeros EVA

$$\underline{\underline{SSeva}} := \frac{1}{4.2} \cdot (19.2^2 + 19.5^2 + 17.5^2 + 19^2) - \frac{(\underline{\underline{DM11}})^2}{32} \quad \underline{\underline{SSeva}} = 0.298$$

### Efecto combinado del Cemento Asfáltico y Polímeros EVA

$$\underline{SS_{interac}} := \frac{1}{2} \cdot (\underline{DM22}) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} - SS_{cemento} - \underline{SS_{eva}} \quad \underline{SS_{interac}} = 0.067$$

$$\underline{SSE} := \underline{SST} - \underline{SS_{cemento}} - \underline{SS_{eva}} - \underline{SS_{interac}} \quad \underline{SSE} = 0.17$$

Tabla ANOVA del Peso Específico Marshall

Fuente	Suma de cuadros	Grados de libertad	Medidas de cuadros	F0
Cemento Asfáltico	0.04	3	0.015	1.364
Polímero EVA	0.29	3	0.099	9
Intersección	0.06	9	$7.444 \times 10^{-3}$	0.677
SSE	0.71	16	0.011	
SST	0.58	31		

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Cemento asfáltico es significativa

$$qF > F0$$

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Polímero EVA es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$$

Interacción es significativa





















$$qF > F0$$

## ESTUDIO DE TRAFICO

FECHA	lunes 20 de octubre del 2014
-------	------------------------------

TRAMO DE LA CARRETERA	ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH			
SENTIDO	ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH	← O	ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH	→ E
UBICACIÓN	ENTRADA COTOSH KM 1+900			





















ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
COD. DE ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
FECHA DE CONTEO	20	10	2014

HORA	AUTO	SW	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			2S1	SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	%	
			PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E		2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																							
00 - 01	6	4	2	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	1.01%
01 - 02	16	18	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	2.62%
02 - 03	23	24	4	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	3.56%
03 - 04	20	26	6	3	-	-	-	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	4.03%
04 - 05	19	18	2	6	-	-	-	8	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	3.83%
05 - 06	20	24	9	3	-	-	-	4	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	63	4.24%
06 - 07	22	26	7	2	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	4.10%
07 - 08	21	25	8	4	-	-	-	9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	4.57%
08 - 09	22	24	7	2	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	3.90%
09 - 10	24	24	6	3	-	-	-	5	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	4.37%
10 - 11	22	26	8	2	-	-	-	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	4.30%
11 - 12	26	28	12	3	-	1	-	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	5.51%
12 - 13	23	26	14	2	-	-	-	6	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	75	5.04%
13 - 14	22	26	3	1	-	-	-	6	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62	4.17%
14 - 15	24	27	4	2	-	-	-	6	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	67	4.51%
15 - 16	26	28	11	3	-	-	-	9	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	5.38%
16 - 17	25	26	9	3	1	-	-	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	68	4.57%
17 - 18	22	27	10	2	-	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	4.64%
18 - 19	28	28	10	2	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73	4.91%
19 - 20	24	25	11	1	-	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	4.64%
20 - 21	24	24	8	2	-	-	-	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	4.51%
21 - 22	26	28	5	3	-	-	-	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	4.57%
22 - 23	17	18	4	2	-	-	-	6	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	3.30%
23 - 24	19	26	4	1	1	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	3.70%
TOTAL	521	576	167	52	2	1	0	116	40	6	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1487	100%
%	35.04%	38.74%	11.23%	3.50%	0.13%	0.07%	0.00%	7.80%	2.69%	0.40%	0.07%	0.07%	0.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	

## FORMATO RESUMEN DEL DIA - MARTES

FECHA	martes 21 de octubre del 2014				
TRAMO DE LA CARRETERA		ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH			
SENTIDO		ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH	← O	ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH	→ E
UBICACIÓN		ENTRADA COTOSH KM 1+900			






















ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
COD. DE ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
FECHA DE CONTEO	21	10	2014

HORA	AUTO	SW	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			2S1	SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL	%
			PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E		2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																							
00 - 01	10	12	2	-	-	-	-	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	3%	
01 - 02	12	14	2	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	3%	
02 - 03	13	16	4	-	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	3%	
03 - 04	14	14	4	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	3%	
04 - 05	15	18	1	1	-	-	-	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	4%	
05 - 06	15	16	6	3	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	4%	
06 - 07	18	14	9	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	4%	
07 - 08	19	20	12	1	-	-	-	2	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	5%	
08 - 09	17	22	10	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	4%	
09 - 10	16	24	16	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	5%	
10 - 11	17	24	13	-	-	-	-	5	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	5%	
11 - 12	18	26	17	2	-	-	-	6	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74	6%	
12 - 13	17	24	12	1	-	-	-	4	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	5%	
13 - 14	19	24	6	-	-	-	-	7	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	5%	
14 - 15	16	21	7	-	-	1	-	8	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	5%	
15 - 16	16	21	8	-	-	-	-	10	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	5%	
16 - 17	17	26	6	2	-	-	-	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	5%	
17 - 18	16	13	7	3	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	4%	
18 - 19	18	17	10	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	4%	
19 - 20	17	14	9	2	1	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	4%	
20 - 21	14	13	12	1	-	-	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	4%	
21 - 22	26	16	11	2	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62	5%	
22 - 23	15	16	7	1	-	-	-	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	4%	
23 - 24	15	24	6	2	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	5%	
TOTAL	390	449	197	23	1	1	0	107	40	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1222	100%	
%	31.91%	36.74%	16.12%	1.88%	0.08%	0.08%	0.00%	8.76%	3.27%	0.82%	0.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%		

## FORMATO RESUMEN DEL DIA - MIERCOLES

FECHA	Miércoles 22 de octubre del 2014			
TRAMO DE LA CARRETERA	ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH			
SENTIDO	ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH	O ←	ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH	E →
UBICACIÓN	ENTRADA COTOSH KM 1+900			

ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
COD. DE ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
FECHA DE CONTEO	22	10	2014

HORA	AUTO	SW	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL	%
			PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E		2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																							
00 - 01	2	12	5	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	2%
01 - 02	3	12	6	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	2%
02 - 03	6	11	4	-	-	-	-	-	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	2%
03 - 04	9	12	5	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	3%
04 - 05	7	4	4	-	-	-	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	2%
05 - 06	4	18	6	1	-	-	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	3%
06 - 07	18	19	6	-	-	-	-	2	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	4%
07 - 08	19	21	4	-	-	1	-	9	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	5%
08 - 09	20	16	3	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	4%
09 - 10	21	21	6	2	-	-	-	1	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	5%
10 - 11	12	16	7	3	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	4%
11 - 12	14	18	7	1	-	-	-	2	2	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	46	4%
12 - 13	14	26	4	-	-	-	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	5%
13 - 14	17	14	12	2	-	1	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	5%
14 - 15	12	27	16	-	-	-	-	10	.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	6%
15 - 16	11	22	12	2	-	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	5%
16 - 17	26	16	11	-	-	-	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	5%
17 - 18	24	26	13	-	-	1	-	2	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	6%
18 - 19	12	16	6	1	-	-	-	17	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	5%
19 - 20	14	26	5	-	-	-	-	13	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	5%
20 - 21	21	27	3	-	-	-	-	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	5%
21 - 22	38	28	3	1	-	-	-	5	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	7%
22 - 23	25	14	2	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	4%
23 - 24	21	18	2	-	-	-	-	3	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	4%
TOTAL	370	440	152	15	0	3	0	100	36	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1119	100%
%	33.07%	39.32%	13.58%	1.34%	0.00%	0.27%	0.00%	8.94%	3.22%	0.18%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	























## FORMATO RESUMEN DEL DIA - JUEVES

### ESTUDIO DE TRAFICO

FECHA	Jueves 23 de octubre del 2014			
TRAMO DE LA CARRETERA		ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH		
SENTIDO		ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH	0 ←	ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH → E
UBICACIÓN		ENTRADA COTOSH KM 1+900		





















ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
COD. DE ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
FECHA DE CONTEO	23	10	2014

HORA	AUTO	SW	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	%
			PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E		2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		
DIAGRA. VEH.																						
00 - 01	3	2	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	1%
01 - 02	4	4	1	1	-	-	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	1%
02 - 03	5	3	3	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	1%
03 - 04	8	3	3	1	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	2%
04 - 05	12	3	2	-	1	-	-	3	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	2%
05 - 06	11	9	1	2	-	-	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	2%
06 - 07	13	18	3	-	-	1	-	5	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	4%
07 - 08	11	21	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	3%
08 - 09	8	23	1	3	1	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	3%
09 - 10	20	21	16	2	-	-	-	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	6%
10 - 11	18	24	18	2	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	6%
11 - 12	17	27	19	3	-	-	-	12	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83	7%
12 - 13	29	28	26	4	1	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102	9%
13 - 14	26	32	28	3	1	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	101	9%
14 - 15	27	36	14	2	-	1	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	7%
15 - 16	28	29	14	-	1	-	1	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79	7%
16 - 17	27	28	3	2	1	-	-	12	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79	7%
17 - 18	29	34	2	1	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74	6%
18 - 19	29	36	6	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73	6%
19 - 20	27	31	11	1	-	-	-	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78	7%
20 - 21	2	16	3	1	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	2%
21 - 22	1	4	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1%
22 - 23	3	5	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	1%
23 - 24	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	0%
TOTAL	360	440	180	28	7	3	1	103	26	10		0	0		0	0	0	0	0	0	1159	100%
%	31%	38%	16%	2%	1%	0%	0%	9%	2%	1%		0%	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	

## FORMATO RESUMEN DEL DIA - VIERNES

FECHA	Viernes 24 de octubre del 2014				
TRAMO DE LA CARRETERA		ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH			
SENTIDO		ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH	← O	ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH	→ E
UBICACIÓN		ENTRADA COTOSH KM 1+900			

ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
COD. DE ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
FECHA DE CONTEO	24	10	2014





















HORA	AUTO	SW	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			2S1	SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	%
			PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E		2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																						
00 - 01	4	11	2	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	1%
01 - 02	4	13	4	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	2%
02 - 03	4	12	3	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	1%
03 - 04	11	11	7		1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	2%
04 - 05	12	12	11	1	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	3%
05 - 06	18	21	11		-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	3%
06 - 07	22	26	11	3	1	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	4%
07 - 08	14	31	9	4	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	4%
08 - 09	14	31	12	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	4%
09 - 10	33	34	2	3	-	-	-	9	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83	5%
10 - 11	29	27	14	4	1	-	-	1	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81	5%
11 - 12	27	35	11		-	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	5%
12 - 13	28	32	11	1	-	1	-	10	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	6%
13 - 14	29	31	17	3	-	-	-	8	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	6%
14 - 15	35	34	13	3	-	-	-	11	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103	7%
15 - 16	38	38	12	2	-	-	-	10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	101	7%
16 - 17	34	36	16	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	6%
17 - 18	38	32	12	2	1	-	-	11	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98	6%
18 - 19	35	27	11	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	5%
19 - 20	34	21	11	-	-	-	-	11	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78	5%
20 - 21	25	23	2	2	-	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	4%
21 - 22	12	24	2	-	-	-	-	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	3%
22 - 23	11	23	1	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	3%
23 - 24	4	11	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	1%
TOTAL	515	596	205	40	4	1	0	131	40	6	0	0	0		0	0	0	0	0	0	1538	100%
%	33%	39%	13%	3%	0%	0%	0%	9%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	

## FORMATO RESUMEN DEL DIA - SÁBADO

### ESTUDIO DE TRAFICO

FECHA	Sábado 25 de octubre del 2014			
TRAMO DE LA CARRETERA	ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH			
SENTIDO	ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH	O	←	ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH →
UBICACIÓN	ENTRADA COTOSH KM 1+900			

ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
COD. DE ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
FECHA DE CONTEO	25	10	2014

HORA	AUTO	SW	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL	%
			PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E		2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																							
00 - 01	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	0%	
01 - 02	3	5	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	1%	
02 - 03	4	7	12	3	-	-	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	3%	
03 - 04	3	12	13	2	1	-	-	3	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	3%	
04 - 05	6	14	2	1	-	-	-	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	2%	
05 - 06	12	15	12	1	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	4%	
06 - 07	16	16	12	2	-	-	-	7	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	4%	
07 - 08	25	25	8	4	1	-	-	4	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	6%	
08 - 09	22	27	7	2	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	5%	
09 - 10	25	36	8	5	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79	6%	
10 - 11	24	24	15	4	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	6%	
11 - 12	24	26	5	5	-	-	-	5	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	5%	
12 - 13	25	27	8	7	1	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	6%	
13 - 14	28	28	7	6	-	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	6%	
14 - 15	34	29	-	2	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	6%	
15 - 16	38	36	8	3	-	-	-	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	7%	
16 - 17	36	34	14	2	1	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	8%	
17 - 18	25	36	2	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	5%	
18 - 19	16	39	-	1	-	-	-	5	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	5%	
19 - 20	25	35	-	1	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	6%	
20 - 21	4	12	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	2%	
21 - 22	3	17	1	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	2%	
22 - 23	-	10	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	1%	
23 - 24	-	8	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1%	
TOTAL	400	521	134	54	5	1	0	94	33	3	2	0	0		0	0	0	0	0	0	1247	100%	
%	32%	42%	11%	4%	0%	0%	0%	8%	3%	0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%		

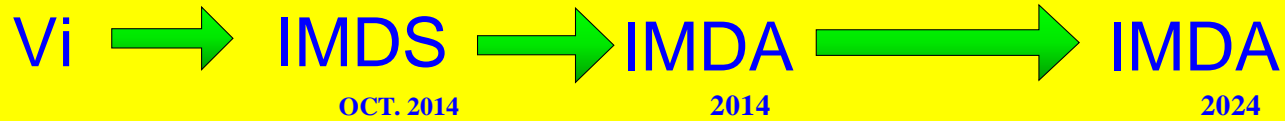
## ESTUDIO DE TRAFICO

FECHA	Domingo 26 de octubre del 2014			
TRAMO DE LA CARRETERA	ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH			
SENTIDO	ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH	← O	ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH	→ E
UBICACIÓN	ENTRADA COTOSH KM 1+900			

ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
COD. DE ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
FECHA DE CONTEO	26	10	20

[illegible]

# CALCULO DE ESTUDIO DE TRAFICO



LUNES	1,247
MARTES	1,086
MIERCOLES	1,487
JUEVES	1,222
VIERNES	1,119
SÁBADO	1,158
DOMINGO	1,538

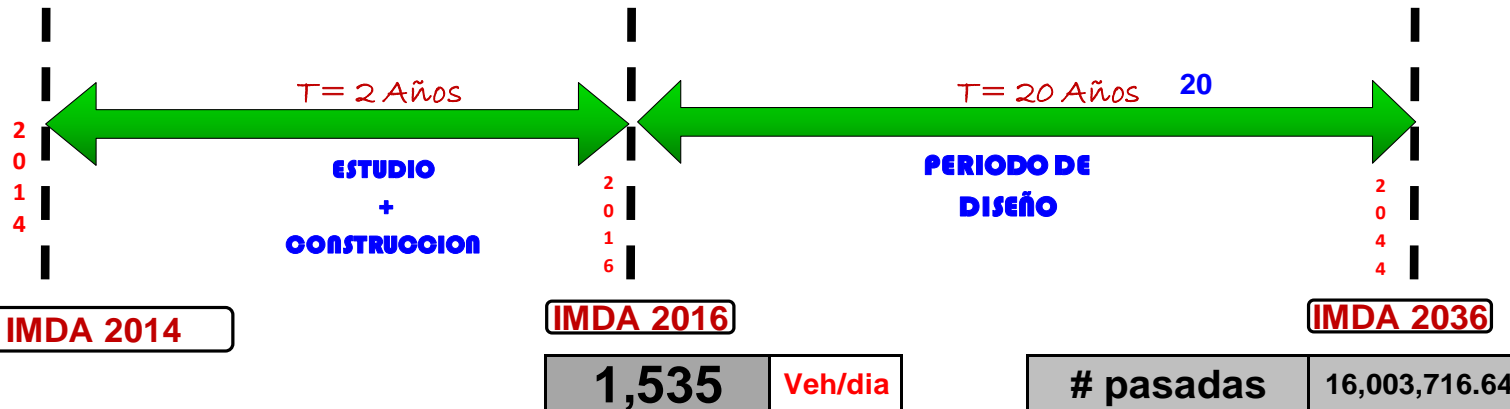
1,265 Veh/dia

**Fe % 13**  
1,430 Veh/dia

**r % 3.6**  
**n° 2**  
1,535 Veh/dia

$$B = A(1+r)^n$$

<b>DONDE:</b>	
Vi:	CONTEO DE TRAFICO DIARIO
IMDS:	INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL
IMDA:	INDICE MEDIO DIARIO ANUAL
Fe:	FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL
r:	TASA DE CRECIMIENTO DE TRAFICO
n:	NUMERO DE AÑOS





















## RESUMEN DE CONTEO DE TRAFICO SEMANAL

### ESTUDIO DE TRAFICO

FECHA	Lunes 27 de octubre del 2014			
TRAMO DE LA CARRETERA		ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH		
SENTIDO		ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH	← 0	ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH → E
UBICACIÓN		ENTRADA COTOSH KM 1+900		

ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
COD. DE ESTACION	ESTACIÓN E1 - COTOSH		
FECHA DE CONTEO	27	10	2014

HORA	AUTO	SW	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL		
			PICK UP	RURAL Combi		B2	>=B3	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																							
IMDS	424	490	166	36	4	3	0	102	33	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,265	Veh/dia
Fe %	13																						
IMDA 2014	479.60	553.38	187.26	40.68	4.04	3.39	0.16	115.10	37.29	6.62	1.13	0.16	0.65	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00		1,430	Veh/dia
r= 3.6%	3.6																						
n= 2 años	2																						
IMDA 2016	514.76	593.94	200.98	43.66	4.33	3.64	0.17	123.53	40.02	7.10	1.21	0.17	0.69	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00		1,535	Veh/dia

## CALCULO DE EJES EQUIVALENTES (ESAL) PAVIMENTO FLEXIBLE

TIPO DE VEHICULOS	IMDA 2016	CARGA DE VEH. EJE	EJE EQUIVALENTE (EE 8.2 TN)	F.IMDA
AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS.	1358	1	0.000527017	0.72
	1358	1	0.000527017	0.72
B2	4	7	1.265366749	4.60
	4	10	2.211793566	8.05
B3	0	7	1.265366749	0.22
	0	16	1.260585019	0.22
C2	124	7	1.265366749	156.32
	124	10	2.211793566	273.23
C3	40	7	1.265366749	50.64
	40	16	1.260585019	50.45
C4	7	7	1.265366749	8.99
	7	21	1.057720453	7.51
T2S1	1	7	1.265366749	1.53
	1	10	2.211793566	2.68
	1	10	2.211793566	2.68
T2S2	0	7	1.265366749	0.22
	0	10	2.211793566	0.38
	0	16	1.260585019	0.22
T2S3	1	7	1.265366749	0.88
	1	10	2.211793566	1.53
	1	23	1.232418575	0.85
3S1	0	7	1.265366749	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
3S2	0	7	1.265366749	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
3S3	0	7	1.265366749	0.44
	0	16	1.260585019	0.44
	0	23	1.232418575	0.43
2T2	0	7	1.265366749	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
2T3	0	7	1.265366749	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
3T2	0	16	1.260585019	0.00
	0	7	1.265366749	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
3T3	0	10	2.211793566	0.00
	0	7	1.265366749	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
		Σ	f.IMDA	574

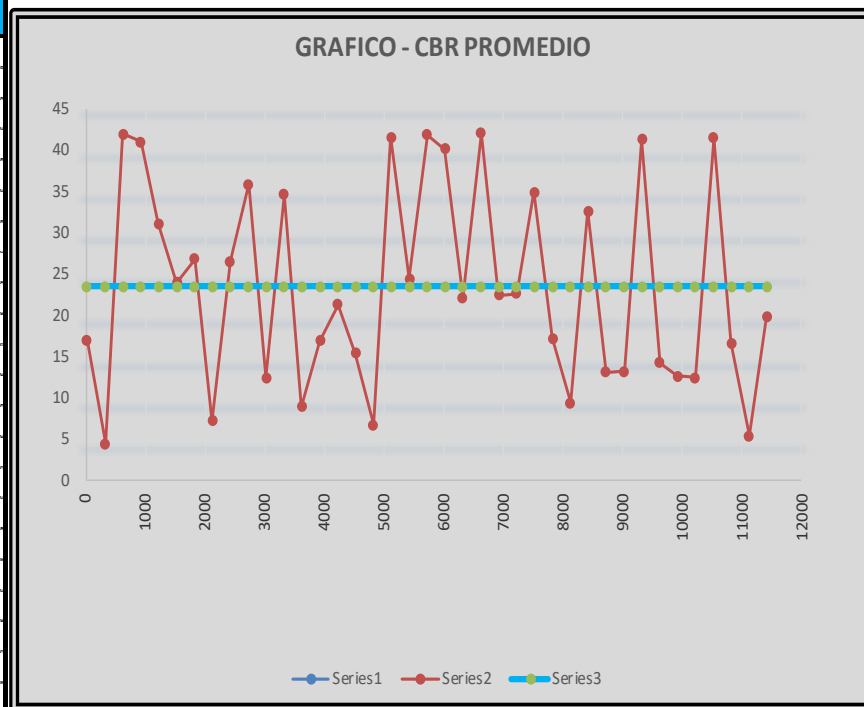
Cuadro 6.1					
Factores de Distribucion Direccional y de Carril para Determinar el Transito en el Carril de Diseño					
Numero de Calzadas	Numero de Sentidos	Numero de carriles por Sentido	Factor Direccional (fd)	Factor Carril (fc)	Factor Ponderado fd x fc para carril de
1 Calzada (para IMDa total de la Calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
2 Calzadas con separador central. (para IMDa total de las dos Calzadas)	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentido	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentido	4	0.50	0.50	0.25
FUENTE: Manual de carreteras, Suelos, Geologia, Geotecnia y Pavimentos.					
$ESAL=(EF.IMDA)*365*DD*DL*\left(\frac{(1+r)^n}{r}-1\right)$					
DIAS DEL AÑO	365			r %	3.6
FACTOR DIRECCIONAL	0.50			n°	20
FACTOR CARRIL	1.00				
ESAL (EE) w18	2,992,840.41				EE
	*****				



## MODULO DE RESILENCIA (MR)

CAL.	PROG.	LADO	DATOS		CLASIFICACIÓN		PROCTOR			CBR (2,5 MM - 0,1	
			M	PROF. (M)	SUCS	AASHTO	MÉTODO	MDS	OCH	100% MDS	95% MDS
C-001	00+012.16	I	M-01	0.00 – 0.50	CL	A-6(5)	B	1.301	30.8	27.7	17.10
C-001	00+012.16	I	M-02	0.50 – 1.70	GM	A-1-b (0)	A	1.538	23.6	17.5	4.50
C-002	00+208.22	I	M-01	0.00 – 0.45	SC	A-4 (1)	C	1.365	24.5	82.1	42.10
C-002	00+208.22	I	M-02	0.45 - 1.60	SW	A-2-6 (0)	C	2.005	11.4	70.8	41.10
C-003	00+408.02	I	M-01	0.00 - 1.60	GC	A-2-4 (0)	C	2.164	8.8	55.4	31.20
C-004	00+548.51	I	M-01	0.00 – 1.70	GM	A-7-5 (7)	C	1.815	17	48.5	24.00
C-005	00+662.01	Eje	M-01	0.05 – 0.20	GM	A-1-b (0)	C	1.939	11.8	53.4	26.90
C-005	00+662.01	Eje	M-02	0.20 - 1.60	CL	A-6 (14)	A	1.319	35.8	8.9	7.20
C-006	00+861.22	I	M-01	0.00 – 1.80	GM	A-2-7 (0)	C	1.6	23.9	31.8	26.60
C-006	00+861.22	I	S/M	>1.80	ROCA	ROCA	C	2.056	10	61.1	36.00
CA - 001	00+980.00	Eje	M-01	0.00 - 1.50	GM	A-1-b (0)	B	2.042	8	22.5	12.50
C-007	01+120.00	D	M-01	0.00 – 1.50	GM	A-2-7 (0)	C	1.63	18.2	61.3	34.70
C-008	01+296.71	I	M-01	0.00 – 0.25	MH	A-7-5 (12)	A	1.44	28.2	13.6	9.00
C-008	01+296.71	I	M-02	0.25 - 1.70	GM	A-2-4 (0)	C	1.924	11.6	26.2	17.00
C-009	01+490.80	D	M-01	0.00 – 0.60	GM	A-1-b (0)	C	2.071	9	39.7	21.40
C-009	01+490.80	D	S/M	>0.60	ROCA	ROCA	A	1.857	13.8	7.5	15.45
C-010	01+690.70	D	M-01	0.00 – 0.60	GM	A-2-5 (0)	A	1.866	12.9	9.7	6.80
C-010	01+690.70	D	S/M	>0.60	ROCA	ROCA	C	2.104	8.2	84.4	41.70
C-011	01+862.35	D	M-01	0.00 - 1.50	GM	A-1-b (0)	B	2.052	8.8	43.8	24.50
C-012	02+024.42	I	M-01	0.00 – 0.30	GM	A-1-b (0)	C	2.076	5	79.9	42.00
C-012	02+024.42	I	M-02	0.30 – 1.20	GC	A-2-4 (0)	C	2.122	8.9	58.5	40.30
C-012	02+024.42	I	S/M	>1.20	ROCA	ROCA	B	2.048	8.7	45.4	38.45

CALICATA	PROGRESIVA	CBR	PROMEDIO
C-001	00+012.16	17.10	25.48
C-001	00+012.16	4.50	25.48
C-002	00+208.22	42.10	25.48
C-002	00+208.22	41.10	25.48
C-003	00+408.02	31.20	25.48
C-004	00+548.51	24.00	25.48
C-005	00+662.01	26.90	25.48
C-005	00+662.01	7.20	25.48
C-006	00+861.22	26.60	25.48
C-006	00+861.22	36.00	25.48
CA - 001	00+980.00	12.50	25.48
C-007	01+120.00	34.70	25.48
C-008	01+296.71	9.00	25.48
C-008	01+296.71	17.00	25.48
C-009	01+490.80	21.40	25.48
C-009	01+490.80	15.45	25.48
C-010	01+690.70	6.80	25.48
C-010	01+690.70	41.70	25.48
C-011	01+862.35	24.50	25.48
C-012	02+024.42	42.00	25.48
C-012	02+024.42	40.30	25.48
C-012	02+024.42	38.45	25.48



CALCULANDO EL MODULO RESILENCIA (MR)	
25.48	20,292.18
PROMEDIO CBR	MR en psi
	20.292.18

PROMEDIO	25.48	25.48
----------	-------	-------

**COMPONENTES**

a.	<b>E<sub>SAL</sub> W<sub>18</sub></b>	2,992,840.41	<b>MANUAL DE CARRETERAS</b> "Suelos, Geología, Geotecnia Y pavimentos".
b.	<b>MODULO DE RESILENCIA (MR)</b>	20,292.18	<b>CUADRO 12.5</b>
c.	<b>CONFIABILIDAD (%R)</b>	90%	<b>CUADRO 12.6 (TP7)</b>
d.	<b>COEFICIENTE ESTADISTICO DE DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)</b>	-1.282	<b>CUADRO 12.8 (TP7)</b>
e.	<b>DESVIACION ESTANDAR COMBINA (So)</b>	0.45	<b>Recomendado por Manual</b>
f1.	<b>SERVICIABILIDA D INICIAL (Pi)</b>	4.00	<b>CUADRO 12.10 (TP7)</b>
f2.	<b>SERVICIABILIDA D FINAL O TERMNINAL</b>	2.00	<b>CUADRO 12.11 (TP7)</b>
f3.	<b>VARIACION DE SERVICIABILIDA D (ΔPSI)</b>	2.00	<b>CUADRO 12.12 (TP7)</b>
g.	<b>NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SNR)</b>	2.80	<b>7.11</b>

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	VARIABLES E INDICADORES		
Independiente	Paredes (2009). Nos dice sobre las propiedades que	Se fabrican con asfaltos a unas temperaturas elevadas, en el rango de los 150 grados centígrados, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos	Diseño de asfalto en caliente		
Diseño de asfalto en caliente	"básicamente las mezclas asfálticas en caliente son denominadas así porque están compuestas de material pétreo, filler y asfalto caliente (aprox. 163°C), por lo general están constituidas por el 93 - 97% de material pétreo y un 6 - 7% de asfalto" (p.27).		Dimensiones	Indicadores	Unidades de medida
			Característica del suelo	CBR	Adimensional
			Población Vehicular	ESAL	Adimensional
			Mezcla – EVA	MARSHALL	Varios
Dependiente	Patillo (1988) nos que	Patillo (1988) nos dice que "De las tres modalidades de pavimentos flexible, las dos modalidades de estructuración con pavimento asfáltico son de igual calidad técnica para resolver la problemática de un pavimento flexible y la tercera modalidad es sólo para caminos de bajo tránsito. Si las ordenamos según su costo para nosotros, tenemos: Modalidad 1 Pavimentos estructurados en base a capas granulares. Modalidad 2 Pavimento estructurado en base a capas asfálticas que no aportan estructuras. Modalidad 3 Pavimento estructurado en base a capas asfálticas con espesor importante". (p.94 – 110)	Estructura del pavimento		
Estructura del pavimento	"Son aquellos en que sus capas constitutivas tienen bajos valores de resistencia a la flexo-tracción, absorbiendo las solicitaciones mediante su resistencia al esfuerzo de corte, dependiendo del espesor y calidad de estas capas, la distribución de la carga superficial hacia el terreno natural". (p. 94 – 110)		Partes del Pavimento	Espesor Sub - Base	cm
				Espesor Base	cm
				Espesor Carpeta	cm

FUENTE: ELABORACION PROPIA